

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria de l'Energia**

**REHABILITACIÓ ENERGÈTICA D'UNA ANTIGA COLÒNIA  
TÈXTIL**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Jordi Menció Mateu  
**Director:** Joan Grau Barceló  
**Convocatòria:** Juny 2019





## Resum

El present treball recull els aspectes legals i logístics que s'han de tenir en compte a l'hora de fer la rehabilitació energètica d'un edifici antic amb valor arquitectònic. Un cops analitzats els aspectes que han de ser conservats, es fa l'estudi energètic dels diversos edificis. Començant per calcular l'envoltant tèrmica primària, que depèn dels materials de construcció de cada bloc. Un cop determinat el valor de transmitància tèrmica, es fa la cerca del valor de transmitància que s'han de complir segons marca el CTE. Un cop obtinguts els valors primaris i els marcats per la normativa es passa a fer una recerca de solucions comercials per a l'aïllament de sòls, murs, sostres i obertures.

Feta l'envoltant tèrmica necessària, es fa l'estudi dels històrics de temperatura i condicions ambientals externes per tal de fer una hipòtesi amb graus-dia per determinar el consum energètic de la climatització. També es tenen en compte els diversos aspectes de seguretat i salubritat que han de complir els edificis rehabilitats segons el CTE.

Un cop marcades totes les característiques tècniques i consums, es fa el dimensionament dels equips de climatització i distribució, que han de garantir el confort i salubritat de tots els espais.

A part de fer el disseny de la climatització, també s'ha optat per la instal·lació de tecnologies renovables per l'aprofitament dels recursos naturals que envolten el conjunt, per tal d'aconseguir un consum energètic, que s'acosti al màxim possible a zero (Nealy Zero Energy Buildings). Les tecnologies i fonts dimensionades han estat, la tecnologia hidroelèctrica, l'energia solar fotovoltaica, energia solar tèrmica, energia eòlica i bomba de calor aigua-aigua.

Finalment es procedeix a fer l'estudi econòmic de la rehabilitació dels edificis, els consums energètics dels conjunt i el possible impacte ambiental.

*Darrera modificació d'aquest document: 29 de Maig de 2019*



## Resumen

El presente trabajo recoge los aspectos legales y logísticos que se deben tener en cuenta en el proceso de rehabilitación energética de un edificio antiguo con valor arquitectónico. Una vez analizados los aspectos que tienen que ser conservados, se hace el estudio energético de los diversos edificios. Empezando por calcular la envolvente térmica primaria, estrechamente relacionada con los materiales de construcción de los diferentes edificios. Una vez determinado el valor de la transmitancia térmica, se hace una búsqueda de los valores de transmitancia térmica que se tienen que cumplir según marca el CTE. Con los valores primarios i los marcados por la normativa se hace una búsqueda de soluciones comerciales por el aislamiento de suelos, muros techos y aberturas.

Hecha la envolvente térmica necesaria y que deben tener los edificios, se hace el estudio de los históricos de temperatura y condiciones ambientales para preparar una hipótesis con Grados-día para determinar el consumo energético de la climatización. También se tienen en cuenta los diversos aspectos de seguridad y salubridad que tienen que cumplir los edificios rehabilitados según el CTE.

Una vez marcadas todas las características técnicas y consumos, se hace el dimensionamiento de los equipos de climatización y distribución, que tienen que garantizar el confort y salubridad de todos los espacios.

A parte de hacer el diseño de la climatización, también se ha optado por la instalación de tecnologías renovables por el aprovechamiento de los recursos naturales que rodean el conjunto, para conseguir un consumo energético que se acerque al máximo posible a cero (Nearly Zero Energy Buildings). Las tecnologías y fuentes dimensionadas han sido; la tecnología hidroeléctrica, la energía solar térmica, la energía solar fotovoltaica, la energía eólica y bomba de calor agua-agua.

Finalmente se ha procedido a hacer el estudio económico de la rehabilitación de los edificios, los consumos energéticos del conjunto y el posible impacto ambiental.

*Última modificación de este documento: 29 de Mayo de 2019*

## Abstract

The current project includes the legal and logistical aspects that you should take into account when it comes to the energetic rehabilitation of an old building with architectural value. A turnaround of the aspects that must be conserved, is the energy study of the various buildings. Starting to calculate the primary thermal wrap, which depends on the building materials of each block. Once the value of the thermal transmission is determined, it is close to the transmission value that had to be met according to the CTE mark. Once the primary values and those marked by the regulations have been obtained they go through a search for commercial solutions for the insulation of soils, walls, ceilings and openings.

Take the necessary thermal envelope, it is the study of external environmental issues and conditions for each hypothesis with a degree day to determine the energy consumption of the conditioning system. The different aspects necessary for the safety and security of fulfilling the rehabilitated buildings according to the CTE are also taken into account.

Once marked with all the technical characteristics it consumes, the dimensioning of the air conditioning and distribution equipment, which guarantees the comfort and health of all spaces.

Apart from the design of the air conditioning system, it has also opted for the technological facilities for the use of the natural resources that surround the whole, by the agreement with an energy consumption, that is as close as possible to zero (Nealy Zero Energy Buildings). The technologies and dimensions of the sources have been, hydroelectric technology, photovoltaic solar energy, solar thermal energy, wind energy and water-water heat pump.

Finally, we proceed to the economic study of the rehabilitation of buildings, the energy consumption of the whole and the possible environmental impact.

*Last modification of this document: the 29th May 2019*



## Agraïments

Aquest treball significa per mi el final de què abans considerava un repte i que s'ha acabat convertit en una ambició, per créixer i saber. Aquests anys de carrera no han estat del tot fàcils ni planers, és per això que vull agrair a tots aquells que he sentit a prop meu durant aquest temps.

A les amigues i amics de tota la vida que m'han hagut d'aguantar tot aquest temps sense excuses. Als quals guardo una estima personal molt forta i els desitjo el millor, i vull que sàpiguen que em tindran pel que faci falta.

També vull agrair la dedicació i ajuda rebuda per tots aquells que m'he trobat pel camí, tant a la gent que he conegut a la universitat com en el món professional. Com en Toni Planas i tot el seu equip d'Electricitat l'Aurora per donar-me tanta experiència professional. A la Marina Ines de Saint Gobain per la seva gran atenció durant tot el projecte. I en Marc Romera i a tota la gent de l'associació SEBA, els quals m'ha acollit i facilitat tot el que he necessitat durant el temps que he estat amb ells.

Per tots aquells professors que s'han creuat en el meu camí, i que amb les seves ganes i dedicació, m'han fet aprendre i gaudir cada lliçó, per nomenar-ne alguns; en Vicente Bitrián, en Lluís Ametller, en Joan Grau, l'Herminio Martínez, Robert Piqué, entre tants d'altres.

Per aquelles persones que m'han fet canviar a millor, que m'han fet veure, viure i estimar de formes que desconeixia. I que m'han donat més del que jo mai els podré tornar.

A tots i cadascun dels companys i amics que m'he trobat a l'equip de rem de la UPC, als quals guardo una gran estima i desitjo no perdre mai el contacte, perquè per mi són una família i a vegades una mica més. Que sense ells i elles aquests anys no haurien estat el mateix, i jo tampoc.

Vull agrair a la meva germana, l'Anna Menció Domingo i a tota la meva família els bons consells, que m'han donat durant tota la meva vida i en especial durant aquests últims anys acadèmics, estic convençut que sense ells potser no ho hauria aconseguit. Perquè sempre els he sentit sempre a prop, tant en els moments bons com en els dolents i m'han ajudat a seguir endavant incondicionalment, sempre sense por.

I finalment, un esment especial a la meva família de Palamós a qui els hi vull dedicar amb més ganes. A la meva preciosa àvia Maria que m'ha ajudat econòmicament durant tots aquests anys, i que sempre tinc ganes de sentir-la a prop. I al meu padrí, en Lluís Mateu, que malauradament ens va deixar fa poc temps, i del qui no he pogut aprendre ni gaudir tot el que hauria desitjat.

Tot això va per vosaltres, i tot el que vindrà també.



# Glossari

## Climatització

- **Transmitància tèrmica (U) [W/(m<sup>2</sup>\*°C)]:** La transmitància tèrmica és la mesura de la calor que flueix per unitat de temps, o potència en cas de ser atemporal.
- **Resistència tèrmica (R) [(m<sup>2</sup>\*°C)/W]:** La resistència tèrmica representa la capacitat d'un material per oposar-se a un flux de calor.
- **Conductància tèrmica (λ) [W/(m\*°C)]:** La conductància tèrmica és una mesura de transferència de calor a través dels materials.
- **Espessor de material (e) [m]:** L'espessor és el gruix de material que existeix.
- **Superfície (S) [m<sup>2</sup>]:** la superfície o àrea és una quantitat que expressa l'extinció d'una superfície.
- **Graus-dia (Gd) [W/(m\*°C)]:** Els graus-dia (GDU) és una mesura d'escalfament o refredament, que permet fer estimacions de consums d'energia tèrmica.
- **Coefficient de simultaneïtat (i) [%]:** El coeficient de simultaneïtat de les hores de funcionament del dia, descriu les hores del dia en les quals els espais presenten activitat.
- **Coefficient de simultaneïtat (n) [%]:** El coeficient de simultaneïtat dels dies de funcionament de la setmana, descriu els dies els quals els espais estan en ús.

## Propietats de l'aigua

- **Humitat relativa (HR) [%]:** La humitat relativa és la relació de la pressió parcial del vapor d'aigua a l'equilibri de la pressió del vapor d'aigua a una temperatura determinada. Depèn de la temperatura i pressió del sistema.
- **Pressió de vapor (Pv) [Pa]:** la pressió de vapor o parcial, és la pressió que exercida a un gas d'una mescla de gasos si només ell ocupés tot el volum de la mescla.
- **Pressió de vapor saturat (Pvs) [Pa]:** La pressió de vapor saturat és la pressió que exercida per un valor en equilibri termodinàmic amb les seves fases condensades (líquid o sòlid) a una temperatura concreta.

## Propietats elèctriques

- **Caiguda de tensió (cdt)[V]:** La caiguda de tensió defineix la diferència de potencial que existeix entre els extrems de qualsevol conductor, semiconductor o aïllant.
- **Corrent (I) [A]:** El corrent elèctric és el flux o moviment de càrregues elèctriques a través d'un cable conductor.
- **Longitud del tram (L) [m]:** La longitud en metres que constituirà el tram de cable.
- **Resistivitat del coure (ρ) [Ω·mm<sup>2</sup>/m]:** La resistivitat del coure és la seva capacitat per oposar-se a la circulació del corrent elèctric.
- **Secció del conductor (s) [mm<sup>2</sup>]:** La secció del conductor és la mesura que es té en compte a l'hora de fer el dimensionat d'una línia elèctrica.
- **Factor de potència (f.d.p. ò cos(γ)):** El factor de potència és la mesura de la capacitat d'una càrrega d'absorbir potència activa. Els valors solen anar de 1, si les càrregues són puntualment resistives, a 0, en elements inductius i capacitius ideals sense resistència.







# Índex

<b>RESUM</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IV</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>VI</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>VIII</b>
Climatització.....	viii
Propietats de l'aigua .....	viii
Propietats elèctriques.....	viii
<b>1. PREFACI</b>	<b>1</b>
Origen del treball .....	1
Motivació .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>3</b>
Objectius del treball.....	3
Abast del treball.....	3
<b>3. CARACTERÍSTIQUES DE LA COLÒNIA TÈXIL</b>	<b>5</b>
3.1. Localització, infraestructures i equipaments .....	5
3.2. Qualificació urbanística del sòl .....	6
3.3. Característiques dels edificis que conformen el recinte .....	6
3.3.1. Nau principal .....	8
3.3.2. Batans.....	9
3.3.3. Humidificadors.....	10
3.3.4. Cobert.....	11
3.3.5. Local industrial annex .....	12
3.3.6. Habitatges obrers.....	13
3.3.7. Magatzem .....	14
3.3.8. Habitatge propietari .....	15
3.3.9. Nova nau industrial.....	16
3.3.10. Xemeneia, canal, resclosa, comportes i portal .....	17
<b>4. MESURES DE PROTECCIÓ</b>	<b>19</b>
4.1. Mesures d'actuació de la nau principal.....	19

4.1.1. Mesures de protecció de la nau principal .....	19
4.1.2. Mesures d'actualització de la nau principal .....	19
4.2. Mesures d'actuació a la façana de la nau principal .....	20
4.2.1. Mesures de protecció façanes sud, est i oest .....	20
4.2.2. Mesures d'actualització façanes est .....	20
4.2.3. Mesures d'actualització de les fusteries de tancament.....	22
4.3. Mesures d'actuació a la coberta de la nau principal .....	22
4.3.1. Mesures de protecció de la coberta de la nau principal.....	22
4.4. Mesures d'actuació de la nau secundària o humidificadors .....	22
4.4.1. Mesures d'actualització dels humidificadors .....	22
4.4.2. Mesures de protecció façanes nord i est dels humidificadors .....	23
4.4.3. Mesures d'actualització façana est dels humidificadors .....	23
4.4.4. Mesures d'actualització de les fusteries de tancament dels humidificadors.....	23
4.4.5. Mesures de protecció de la coberta dels humidificadors.....	24
4.5. Mesures d'actuació als batans .....	24
4.5.1. Mesures de protecció .....	24
4.5.2. Mesures de protecció de la façana dels batans .....	25
4.5.3. Mesures d'actualització de les fusteries de tancament dels batans .....	25
4.5.4. Mesures de protecció de la coberta dels batans .....	25
4.6. Mesures d'actuació a la xemeneia, canal, resclosa comportes i portal .....	25
4.6.1. Mesures de protecció de la xemeneia .....	25
4.6.2. Usos admesos de la xemeneia .....	25
4.6.3. Mesures de protecció de canal .....	26
4.6.4. Usos admesos de canal.....	26
4.6.5. Mesures de protecció de resclosa .....	26
4.6.6. Usos admesos de la resclosa .....	26
4.6.7. Mesures de protecció de comportes .....	26
4.6.8. Usos admesos de les comportes .....	26
4.6.9. Mesures de protecció del portal d'entrada .....	26
4.6.10. Usos admesos del portal d'entrada .....	27
4.7. Mesures d'actuació a l'antic habitatge de l'amo .....	27
4.7.1. Mesures d'actualització a l'antic habitatge de l'amo .....	27
4.8. Mesures d'actuació dels habitatges dels antics obrers .....	27
4.8.1. Mesures d'actuació dels habitatges dels antics obrers .....	27
4.9. Mesures d'actuació respecte els altres edificis del conjunt .....	27

## 5. AÏLLAMENTS DELS EDIFICIS 29

5.1. Aïllament de façanes .....	29
5.2. Aïllament de cobertes.....	31
5.3. Aïllament de sòls i sostres .....	31
5.4. Hipòtesi aïllaments nau principal .....	32
5.4.1. Aïllament dels murs .....	32
5.4.2. Aïllament de les particions horitzontals en contacte amb el terreny .....	35
5.4.3. Aïllament de les particions horitzontals interiors primera i segona planta .....	38
5.4.4. Aïllament de coberta de la nau .....	40
5.5. Hipòtesi aïllaments humidificadors.....	41
5.6. Hipòtesi aïllaments batans .....	42
5.7. Hipòtesi aïllaments antics habitatges.....	42
5.7.1. Aïllament dels murs .....	42
5.7.2. Aïllament de la coberta.....	43
5.7.3. Aïllament de les particions interiors.....	44
5.7.4. Aïllament dels terres en contacte amb el terreny .....	45
5.8. Hipòtesi aïllaments antic habitatge del propietari.....	47
5.8.1. Aïllament dels murs .....	47
5.8.2. Aïllament del terra en contacte amb el terreny.....	48
5.8.3. Aïllament del terra del primer pis .....	50
5.8.4. Aïllament dels cobertes .....	50
5.9. Hipòtesi aïllaments antic magatzem .....	51
<b>6. SUPERFÍCIES DELS EDIFICIS .....</b>	<b>53</b>
6.1. Superfícies de la nau principal.....	53
6.1.1. Superfície dels murs.....	53
6.1.2. Superfícies dels sòls .....	54
6.1.3. Superfície de la coberta .....	55
6.2. Superfícies dels humidificadors .....	56
6.2.1. Superfície dels murs .....	56
6.2.2. Superfície dels sòls.....	57
6.2.3. Superfície de la coberta .....	57
6.3. Superfícies dels batans .....	58
6.3.1. Superfície dels murs.....	59
6.3.2. Superfície dels sòls.....	59
6.3.3. Superfície de la coberta .....	60
6.4. Superfícies de l'antic habitatge de l'amo .....	60
6.4.1. Superfície dels murs.....	61

6.4.2. Superfície dels terres .....	61
6.4.3. Superfície de la coberta .....	62
6.5. Superfícies dels antics habitatges dels treballadors .....	62
6.5.1. Superfície dels murs.....	62
6.5.2. Superfície del terres.....	63
6.5.3. Superfície de la coberta .....	63
<b>7. TANCAMENTS DELS EDIFICIS .....</b>	<b>65</b>
7.1. Característiques de les obertures de la nau principal .....	66
7.2. Característiques de les obertures dels humidificadors.....	67
7.3. Característiques de les obertures dels batans .....	67
7.4. Característiques de les obertures de l'habitatge propietari .....	67
7.5. Característiques de les obertures dels antics habitatges.....	68
<b>8. CARACTERÍSTIQUES AMBIENTALS DE LA LOCALITZACIÓ .....</b>	<b>71</b>
8.1. Característiques climatològiques de temperatura i humitat.....	71
8.1.1. Temperatura de rosada .....	74
8.2. Característiques climatològiques de vent .....	76
8.3. Radiació solar incident a la localització .....	78
<b>9. CONSUMS CLIMATITZACIÓ .....</b>	<b>83</b>
9.1. Consums calefacció.....	83
9.1.1. Graus-dies calefacció .....	83
9.2. Consums per refrigeració .....	84
9.2.1. Graus-dies per refrigeració .....	84
9.3. Coeficients d'ús.....	85
9.4. Energia de calefacció .....	86
9.4.1. Energia de calefacció de la nau principal .....	86
9.4.2. Energia de calefacció dels humidificadors .....	87
9.4.3. Energia de calefacció dels batans.....	87
9.4.4. Energia de calefacció de l'antic habitatge amo i magatzem .....	88
9.4.5. Energia de calefacció dels antics habitatges .....	88
9.5. Energia de refrigeració .....	89
9.5.1. Energia de refrigeració de la nau principal.....	89
9.5.2. Energia de refrigeració dels humidificadors.....	90
9.5.3. Energia de refrigeració dels batans.....	90
9.5.4. Energia de refrigeració de l'antic habitatge amo i magatzem.....	91
9.5.5. Energia de refrigeració dels antics habitatges .....	91

9.6. Sistema de ventilació .....	92
9.6.2. Cabals d'aire segons usos .....	94
9.6.3. Energia de calefacció per ventilació d'aire .....	98
9.6.4. Energia de refrigeració per ventilació d'aire .....	99
9.7. Conjunt d'energies destinades a la climatització .....	101
<b>10. SISTEMA DE CLIMATITZACIÓ .....</b>	<b>103</b>
10.1. Sistema climatització .....	103
10.1.1. Pèrdues per climatització per un dia extrem .....	104
10.2. Refrigeració .....	107
10.2.1. Pèrdues per refrigeració per un dia extrem .....	107
<b>11. TECNOLOGIES ESTUDIADAES .....</b>	<b>113</b>
11.1. Aerogeneradors .....	113
11.2. Captadors fotovoltaics .....	114
11.3. Captadors solars tèrmics .....	115
11.3.1. Captadors solars tèrmics plans .....	115
11.3.2. Captadors solars tèrmics per tubs de buit .....	116
11.4. Bomba de calor .....	117
11.5. Fan-Coils .....	117
11.6. Terra radiant .....	118
<b>12. HIPÒTESIS ESTUDIADAES PER LES DIFERENTS TECNOLOGIES .....</b>	<b>121</b>
12.1. Hipòtesi dels captadors fotovoltaics .....	121
12.1.1 Hipòtesi dels captadors fotovoltaics col·locats amb orientació sud a 30º .....	122
12.1.2 Hipòtesi dels captadors fotovoltaics col·locats amb orientació sud a 15º .....	123
12.1.3 Hipòtesi dels captadors fotovoltaics col·locats coplanars amb orientació est-oest .....	124
12.1.4. Hipòtesis del material necessari pel correcte funcionament de la coberta .....	128
12.2. Hipòtesi de l'aerogenerador .....	133
12.3. Hipòtesi dels ACS amb panells solars tèrmics .....	134
12.3.1. Hipòtesi dels captadors tèrmics .....	137
12.4. Hipòtesi dels recuperadors de calor .....	137
12.5. Hipòtesi dels fan-coils .....	138
12.6. Hipòtesi de la caldera de pellet .....	140
12.7. Hipòtesi de la bomba de calor .....	141
12.8. Hipòtesis dels dipòsits d'inèrcia tèrmica .....	143

12.8.1. Hipòtesis dels dipòsits d'inèrcia per ACS.....	143
12.8.2. Hipòtesis dels dipòsits d'inèrcia per a la climatització.....	143
12.9. Hipòtesis del terra radiant per a calefacció .....	144
12.10. Hipòtesis de la turbina hidroelèctrica .....	145
<b>13. BALANÇ DE L'ENERGIA ELÈCTRICA.....</b>	<b>147</b>
13.1. Energia destinada a la il·luminació i equips auxiliars dels espais .....	147
13.2. Consums elèctrics dels equips de climatització .....	150
13.2.1. Consum elèctric dels recuperadors d'aire.....	150
13.2.2. Consum elèctric de la bomba de calor .....	150
13.3. Generació elèctrica .....	153
13.3.1. Generació elèctrica del salt d'aigua .....	153
13.3.2. Generació elèctrica del camp fotovoltaic .....	153
13.4. Balanç elèctric del conjunt .....	154
<b>14. ANÀLISI ECONÒMICA.....</b>	<b>155</b>
14.1. Anàlisi econòmica referent a l'envoltant tèrmica.....	155
14.1.1. Costos econòmics de l'envoltant tèrmica .....	155
14.1.2. Anàlisi econòmic referent a l'estalvi econòmic de l'envoltant.....	156
14.2. Anàlisi econòmica del sistema de climatització i ACS.....	158
14.2.1. Anàlisi de la bomba de calor.....	158
14.2.2. Anàlisi dels fan-coils.....	158
14.2.3. Anàlisi del terra radiant .....	159
14.2.4. Anàlisi dels conductes de ventilació.....	159
14.2.5. Anàlisi dels recuperadors de calor .....	159
14.2.6. Anàlisi dels panells solars tèrmics .....	160
14.2.7. Anàlisi del dipòsit ACS.....	160
14.2.8. Anàlisi del dipòsit d'inèrcia .....	160
14.3. Cost econòmic del camp fotovoltaic .....	160
14.3.1. Panells fotovoltaics .....	161
14.3.2. Onduladors .....	161
14.3.3. Cablejat elèctric DC.....	161
14.3.3. Cablejat elèctric AC.....	161
14.4. Anàlisi econòmica de l'aerogenerador.....	162
14.5. Guany econòmic referent a la venda d'energia elèctrica.....	162
14.5.1. Guany econòmic de la producció elèctrica del salt d'aigua.....	162
14.5.2. Guany econòmic de la producció elèctrica del camp fotovoltaic.....	162

<b>15. IMPACTE AMBIENTAL</b>	<b>165</b>
15.1. Impacte en la generació de diòxid de carboni .....	165
15.2. Contaminació visual, acústica i recursos naturals.....	166
15.3. Gestió de residus industrials i urbans .....	167
<b>CONCLUSIONS</b>	<b>169</b>
<b>PRESSUPOST</b>	<b>171</b>
Cost econòmic de l'enginyeria .....	171
Resum econòmic .....	171
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>175</b>





# 1. Prefaci

## Origen del treball

Aquest treball ve originat per la necessitat de l'Associació de Serveis Energètics Bàsics Autònoms (SEBA), per tenir una avantprojecte amb un pressupost i característiques necessàries per posar en marxa un projecte de rehabilitació energètica de la colònia tèxtil de Ca l'Escolà, localitzada a la riba del riu Ter a l'alçada de Manlleu, a la comarca d'Osona, província de Barcelona.

## Motivació

La principal motivació d'aquest projecte és poder realitzar una rehabilitació completa de les antigues instal·lacions de la colònia tèxtil de Ca l'Escolà. Aquesta reforma estarà dissenyada de manera que les necessitats estimades per l'edifici estaran cobertes al 100% per energies renovables.



## 2. Introducció

Aquest treball abastarà la rehabilitació de l'edifici de l'antiga colònia tèxtil de Ca l'Escolà per tal de reduir les seves necessitats energètiques i una vegada obtinguts els seus consums, dimensionar les possibles solucions basades única i exclusivament en energies renovables.

### Objectius del treball

Els principals objectius d'aquest treball són; el dimensionament de les necessitat energètiques, tant d'electricitat com de climatització, de l'edifici per tal de poder plantejar una sèrie de solucions basades exclusivament en energies renovables. Les principals fonts que s'han plantejat per aquest treball són l'energia solar fotovoltaica, energia solar tèrmica, l'energia hidràulica (que ja es troba en funcionament) i la possibilitat d'instal·lació d'un microaerogenerador per tal de tenir l'exemple d'aplicació encara que no sigui una font hàbil per la localització.

### Abast del treball

Al llarg d'aquest projecte s'ha fet l'estudi de la normativa que envolta la colònia, tant les mesures de protecció com la normativa aplicable en la rehabilitació del conjunt. S'han buscat els històrics de climatologia per tal de trobar les condicions climàtiques a les que els sistemes de climatització i l'envoltant tèrmica s'hauran d'enfrontar.

Finalment, el treball s'ha arribat a fer el dimensionament de l'envoltant tèrmica que tenen actualment els edificis de la colònia, la resistència tèrmica necessària i la solució comercial que s'ha trobat per cada cas, i el seu respectiu estudi econòmic. També s'ha fet el càlcul del consum energètic per a la climatització d'un any natural, el consum energètic que implica i l'equipament necessària per complir amb les necessitats.

També s'ha fet la implantació d'energies renovables, un camp fotovoltaic, un aerogenerador, sistema de plaques solars tèrmiques i una turbina hidràulica per la generació elèctrica que actualment es troba en funcionament.

A part s'ha fet una estimació dels consums elèctrics de tot el conjunt, en funció dels seus ocupants i activitats, per tal de fer una estimació dels consums i l'impacte que tenen aquests, tant ambiental com econòmic.



### 3. Característiques de la colònia tèxtil

#### 3.1. Localització, infraestructures i equipaments

El recinte que conforma l'antiga colònia tèxtil, es troba a la riba del riu Ter. En concret l'activitat es troba dins el municipi de Manlleu, però a una part apartada localitzada als límits del terme municipal. És per aquestes característiques que la colònia es troba a pocs metres del nucli del terme municipal de la Gleva. Aquest precís fet fa que sigui més adequat agafar les dades meteorològiques i ambientals de la població propera.

Amb l'apèndix B de les zones climàtiques del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), amb la localització a la província de Barcelona i amb l'altura de la localització, que és de 460 metres sobre el nivell del mar, s'extreu que la zona climàtica a la qual pertany el recinte és la D1.

A la següent figura es mostra el terreny que ocupa la colònia, delimitada de color groc, sobre el mapa, i a pocs metres, a l'altra banda del riu Ter, el nucli urbà de la població de la Gleva.



**Figura 3.1.** Imatge aèria de la colònia tèxtil de Ca l'Escolà i del municipi de la Gleva. (Font: Instamaps[64])

Es tracta d'un entorn rural, on les activitats més comunes són industrials.

Les infraestructures que connecten amb el recinte, tenen una pavimentació correcta, una xarxa de clavegueram suficient, no disposa de subministrament d'aigua potable ni de canalització de gas ciutat i disposa de subministrament d'energia elèctrica i serveis de telefonia i ADSL. Les vies disposen d'enllumenat públic però no hi ha combinacions a través de transports públics, únicament s'hi pot accedir amb transport privat per carretera.

Es disposen d'equipaments propers com; comercial, escolar, assistencial, lúdic i aparcament.

### 3.2. Qualificació urbanística del sòl

Segons les normes subsidiàries vigents la qualificació urbanística del sòl és que es troba en una zona rural, d'ús industrial, segons Pla Especial de les colònies industrials del Riu Ter i Freser, segons el Catàleg de Béns d'interès Arquitectònic, inclòs dins del POUM, temporalment suspès, pel TSJC, pendent de nova aprovació fitxa que s'adjunta i que diu literalment[4]:

*“Es protegeix el volum de la fàbrica, la xemeneia, la resclosa i el canal de sortida. En les façanes i cobertes només es podran realitzar obres de conservació i consolidació, mentre que l'interior es pot modificar per adaptar-lo a noves necessitats. Es prioritzarà la conservació dels elements estructurals originals de la fàbrica, sempre i quan segueixin els eixos compositius i tipològics de l'edificació existent”*

### 3.3. Característiques dels edificis que conformen el recinte

Actualment el recinte que conforma Ca l'Escolà està conformat per un conjunt d'edificis. Aquests són espais dedicats al lloguer de diversos empresaris, on hi tenen emplaçats els tallers de les seves activitats. Les dades de dimensions i distribució dels diferents espais ha estat cedida per SEBA[4]. També s'ha obtingut informació del document “PLA ESPECIAL PER A LA REGULACIÓ DELS USOS I PATRIMONI DE LA COLÒNIA DE CA L'ESCOLÀ DE MANLLEU” [20].

L'emplaçament consta d'un solar de forma gairebé regular en forma de rectangle. La façana es limita al camí veïnal que hi dona accés. Aquest camí comença a la Carretera de Manlleu a Sant Hipòlit de Voltregà i dona accés a moltes altres finques.

La finca té una única façana a la banda est que dona a aquest camí. a l'oest limita amb el canal industrial, que va paral·lel al riu Ter. Al nord llinda amb la finca de l'empresa Arenes i Graves Castellot S.A. i pel sud amb la finca de Ramón Saborit. La superfície total de la finca és de 13958,96 m<sup>2</sup>.

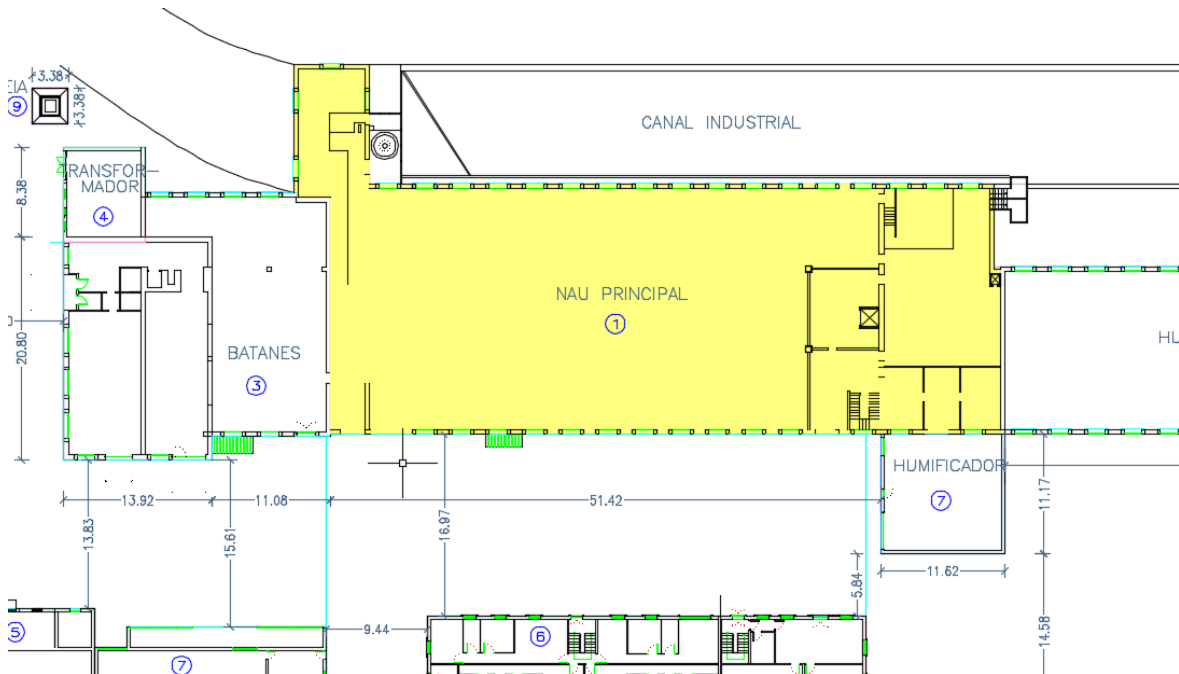


**Figura 3.3.1** Plànol del recinte amb espais. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

En aquest recinte també hi ha un edifici destinat al transformador, que és totalment autònom de la resta d'edificis, situat a la part posterior de l'edifici assenyalat amb el número 2 en el plànol adjunt (Figura 3.3.1). Al seu costat hi ha l'antiga xemeneia, actualment en desús, però que forma part del conjunt industrial d'aquest recinte i protegida per la fitxa del catàleg del POUM. En aquesta zona, concretament en l'edifici 1, hi ha el salt d'aigua i la resclosa que també és dins d'aquest catàleg, així com el conjunt dels edificis industrials assenyalats amb els números 1, 2 i 3. Per sota del nivell de terres de l'edifici 2, hi ha uns soterranis pels quals s'accedeix a una cisterna d'aigua, que subministra a moltes parts del recinte.

### 3.3.1. Nau principal

La nau principal era una antiga fàbrica de filats del complex consta de planta baixa amb una superfície de 1170,74 m<sup>2</sup> i una primera planta de 1170,74 m<sup>2</sup> i unes golfes de 51,16 m<sup>2</sup>.



**Figura 3.3.1.1.** Delimitació de nau principal. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

La façana principal està orientada a est, la façana posterior dona al canal industrial i queda orientada a la casa oest.

La tipologia constructiva es formada per crugies estructurals modulars de 3,40 m d'amplada entre eixos, en els quals a cada una hi ha una obertura emmarcada amb totxo massís i parets de gruixos importants d'entre 60 i 80 cm. Construïdes amb pedra de riu i morter de calç, pilars rodons de ferro colat, jàsseres metàl·liques perpendiculars a les façanes i sostres formats per revoltons amb totxo massís fets incito i plens de formigó. La coberta és a dues aigües encavallada de fusta, bigues i llates de fusta, acabat amb teula àrab i el ràfec és acornisat.

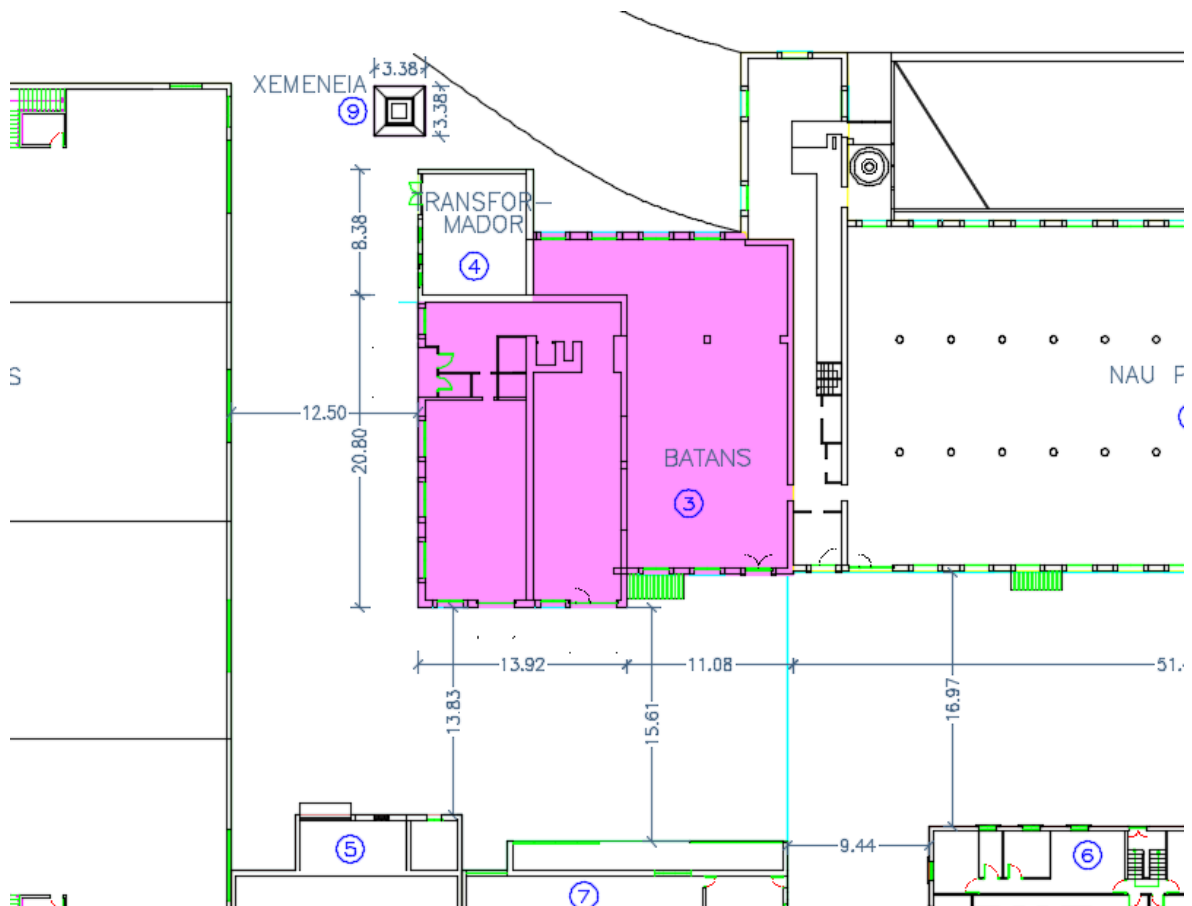


### 3.3.2. Batans

Es on antigament hi havia la maquinaria que feia rotar i moure tots els embarrats, que servien per el funcionament de les continues.

L'edifici és d'una sola planta, i actualment funciona com a locals industrials independents. Es situat al costat esquerre de la nau principal.

La tipologia constructiva es formada per crugies estructurals modulars de 3,40 m d'amplada entre eixos, en els quals a cada una hi ha una obertura emmarcada amb totxo massís i parets de gruixos importants d'entre 60 i 80 cm. Construïdes amb pedra de riu i morter de calç, pilars rodons de ferro colat, jàsseres metàl·liques perpendiculars a les façanes i sostres formats per revoltons amb totxo massís fets incito i plens de formigó. La coberta és a dues aigües encavallada de fusta, bigues i llates de fusta, acabat amb teula àrab i el ràfec és acornisat.

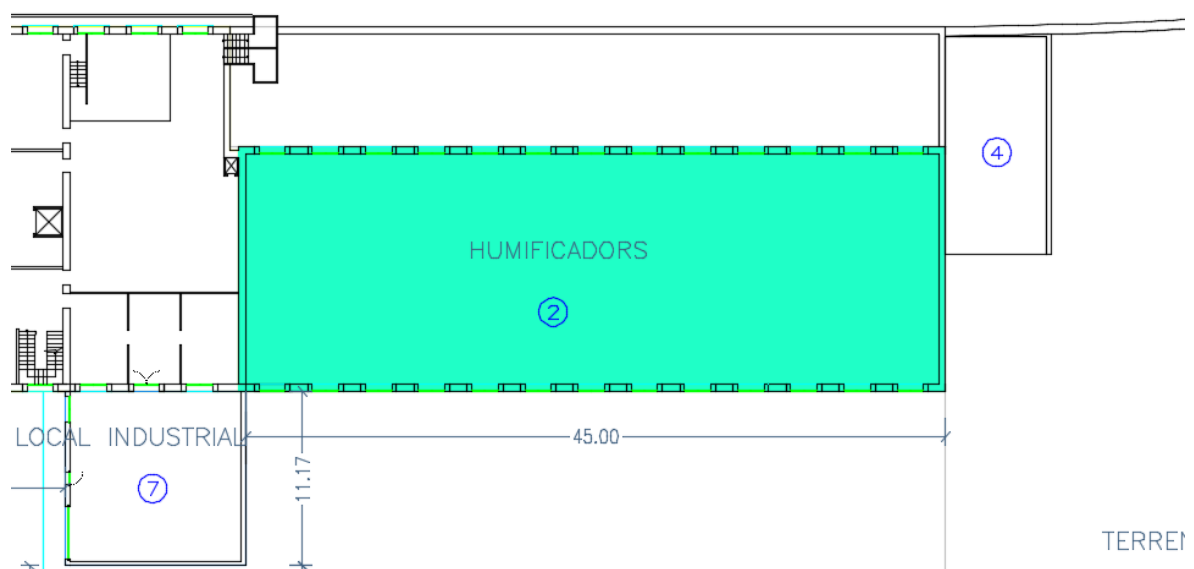


**Figura 3.3.2.1.** Delimitació dels batans. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

### 3.3.3. Humidificadors

Era el lloc on antigament hi havia la matèria prima, i on s'humiteja el producte. Actualment pot funcionar com a diferents locals industrials. Té una sola planta i és situada al costat dret entrant de la nau principal.

La tipologia constructiva es formada per crugies estructurals modulars de 3,40 m d'amplada entre eixos, en els quals a cada una hi ha una obertura emmarcada amb totxo massís i parets de gruixos importants d'entre 60 i 80 cm. Construïdes amb pedra de riu i morter de calç, pilars rodons de ferro colat, jàsseres metàl·liques perpendiculars a les façanes i sostres formats per revoltons amb totxo massís fets incito i plens de formigó. La coberta és a dues aigües encavallada de fusta, bigues i llates de fusta, acabat amb teula àrab i el ràfec és acornisat. A la part posterior (zona 3-B), on antigament hi havia un pati, actualment està edificat fins la línia del canal industrial.

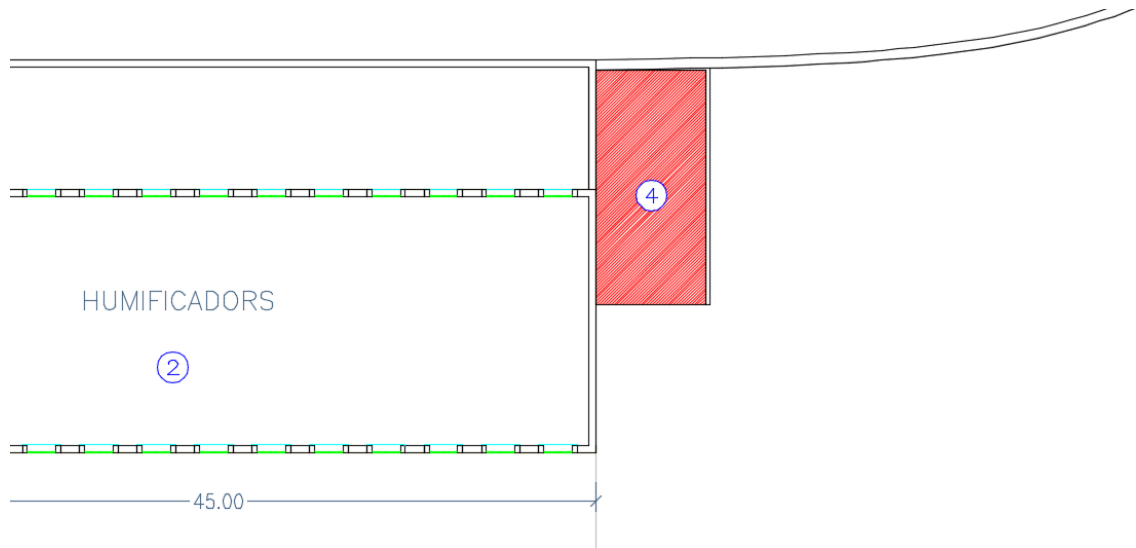


**Figura 3.3.2.1.** Delimitació dels humidificadors. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

### 3.3.4. Cobert

El cobert del recinte és de planta baixa amb una superfície total de 67,78 m<sup>2</sup>. És una construcció d'una sola planta, més nova que les descrites fins ara, situada al costat dret dels humidificadors.

Constructivament està format per dues úniques parets, la del darrera i la lateral dret, de la fàbrica de totxo vuit, tipus totxana i coberta amb plaques de fibrociment.



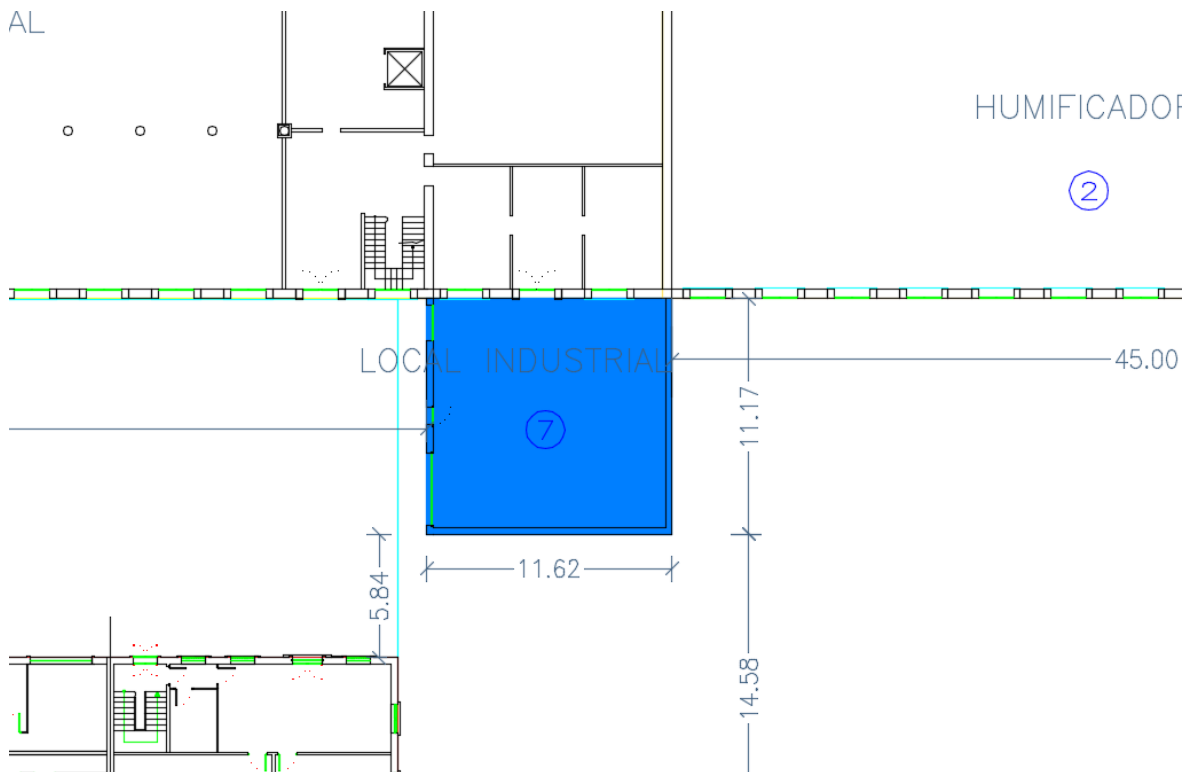
**Figura 3.3.4.1.** Delimitació del cobert. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

Aquesta construcció està prevista que s'enderroqui pel fet d'estar construïda amb uralita i no tenir un ús definit.

### 3.3.5. Local industrial annex

També és una construcció relativament nova i pretén ser una ampliació de la nau principal per la seva part del davant. Pot funcionar i funciona independentment de la resta d'edificis, d'una planta, situada al costat dret davanter de la nau principal.

La tipologia constructiva es similar al cobert: Tres parets fetes de fàbrica de totxo vuit, tipus totxana i coberta amb plaques de fibrociment a dues aigües.



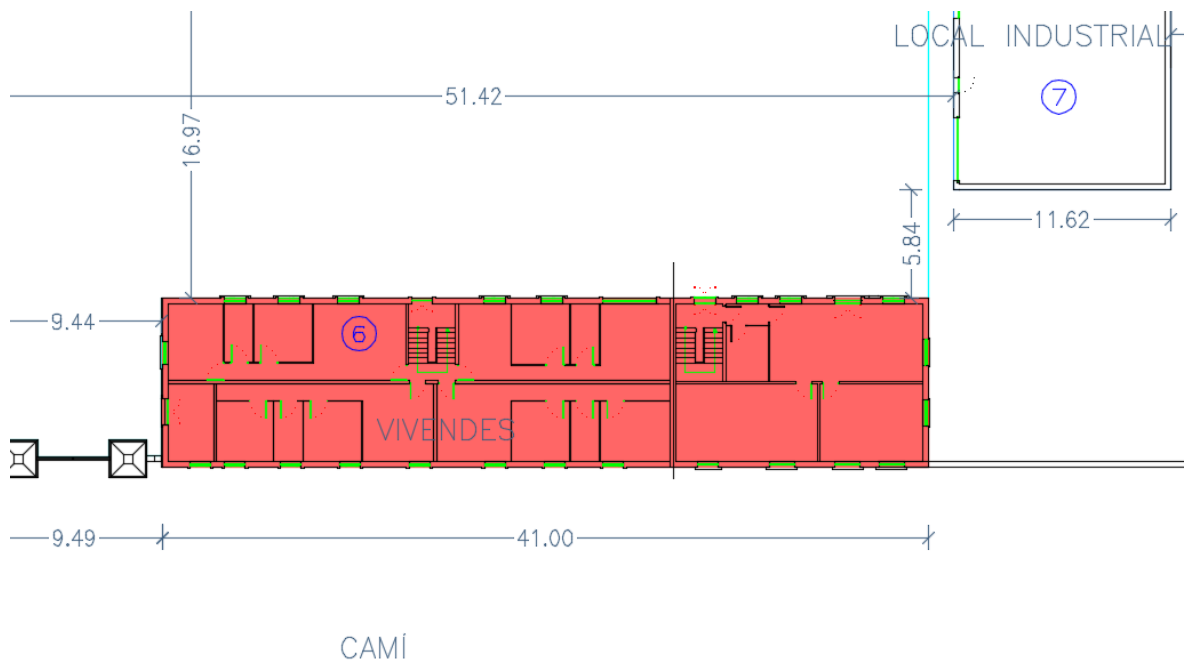
**Figura 3.3.5.1.** Delimitació del local industrial. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

Aquesta construcció està prevista que s'enderroqui, per tal de no tapar l'actual façana protegida per un POUM.

### 3.3.6. Habitatges obrers

Antics habitatges dels obrers i les seves famílies que treballaven a l'antiga fàbrica da filats, actualment en desús i adaptats a qualsevol altre activitat que no sigui la d'habitatge, situat al costat dret entrant de la porta principal.

Amb la façana est al camí i la façana oest al passadís del interior del recinte. Dues plantes, baixos i primer pis, té una estructura molt més senzilla, amb parets perimetrals i estructurals de fàbrica de totxo vuit, tipus totxana, sostres unidireccionals i coberta a dues aigües.

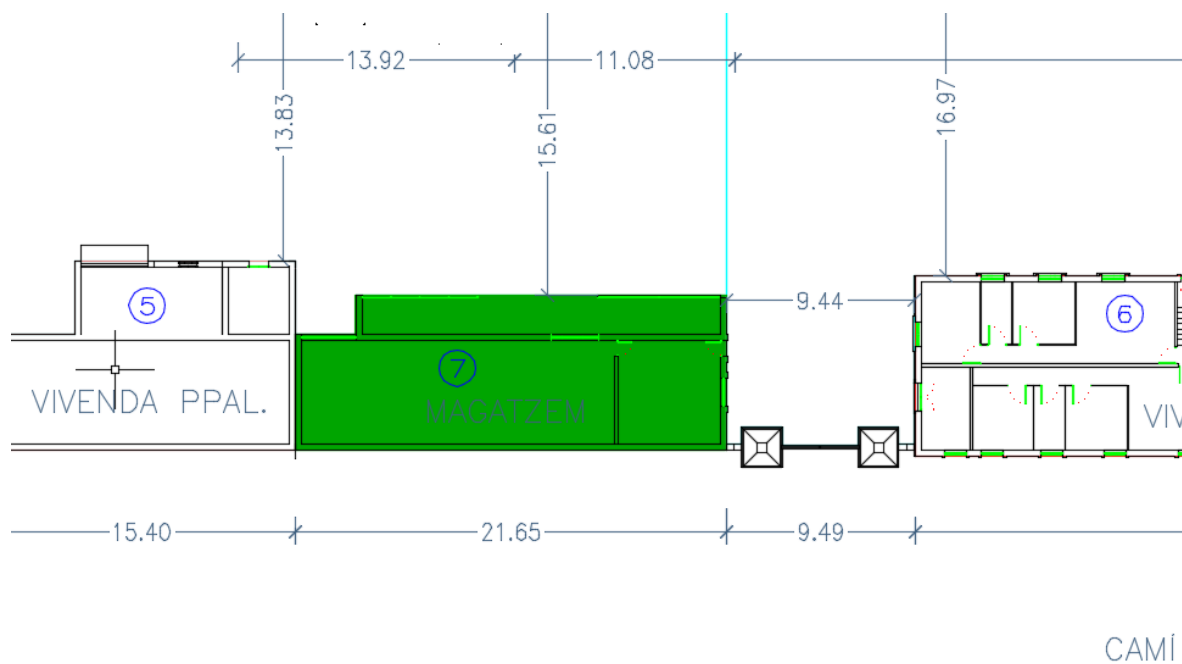


**Figura 3.3.6.1.** Delimitació dels habitatges. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

### 3.3.7. Magatzem

Edifici totalment independent, era el magatzem de productes acabats. D'una sola planta, situada al costat esquerre entrant i davant de la nau principal.

La tipologia constructiva es coberta amb plaques de fibrociment a dues aigües.



**Figura 3.3.7.1.** Delimitació del magatzem. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

### 3.3.8. Habitatge propietari

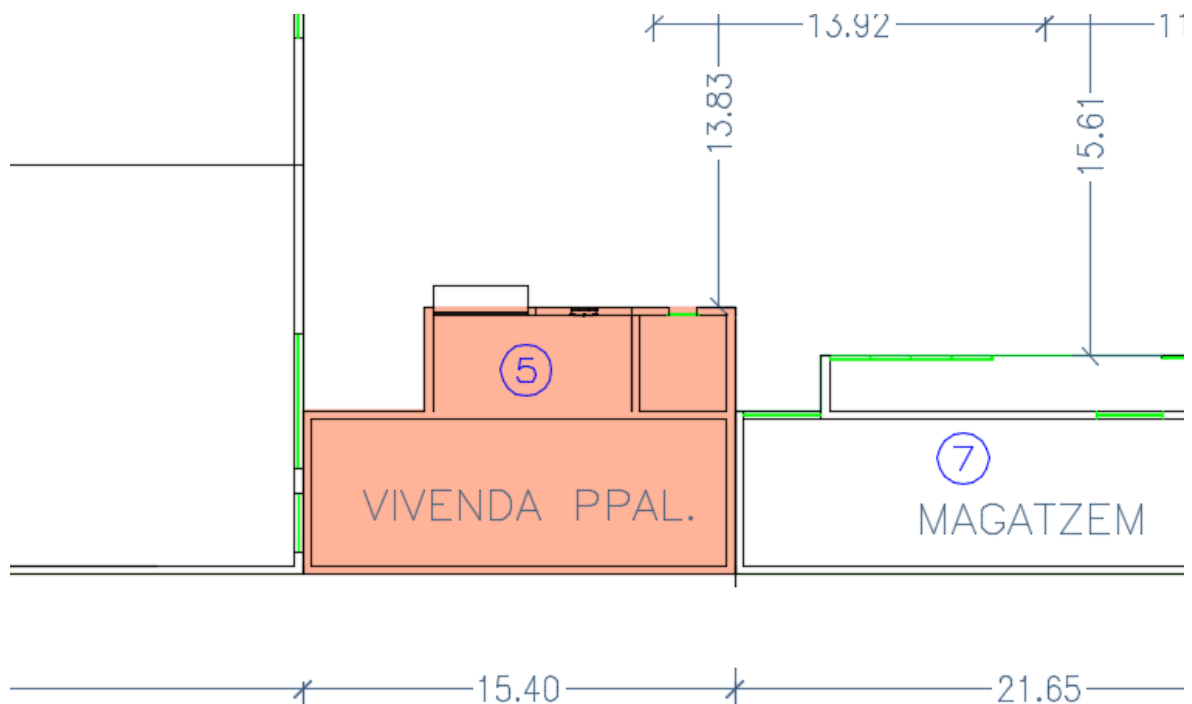
Inicialment edifici totalment aïllat, destinat a l'habitatge del propietari, que venia a residir-hi a temporades.

Posteriorment s'hi va adossar el magatzem descrit anteriorment i molt més recent les naus noves. No se l'hi ha donat mai cap altre ús.

Situat al costat esquerre entrant de la porta principal, al costat esquerra entrant de l'edifici del magatzem, la façana est del camí i façana oest al passadís del l'interior del recinte.

De dues plantes, els baixos es feien servir com a garatge i magatzem i primer pis era destinat a l'habitatge.

Té una estructura de parets de càrrega, sostres unidireccionals i coberta a dues aigües, a excepció de l'entrada en forma de torre, en aquesta a la planta segona hi ha un mirador, amb coberta a quatre aigües, totes amb teula ceràmica àrab.

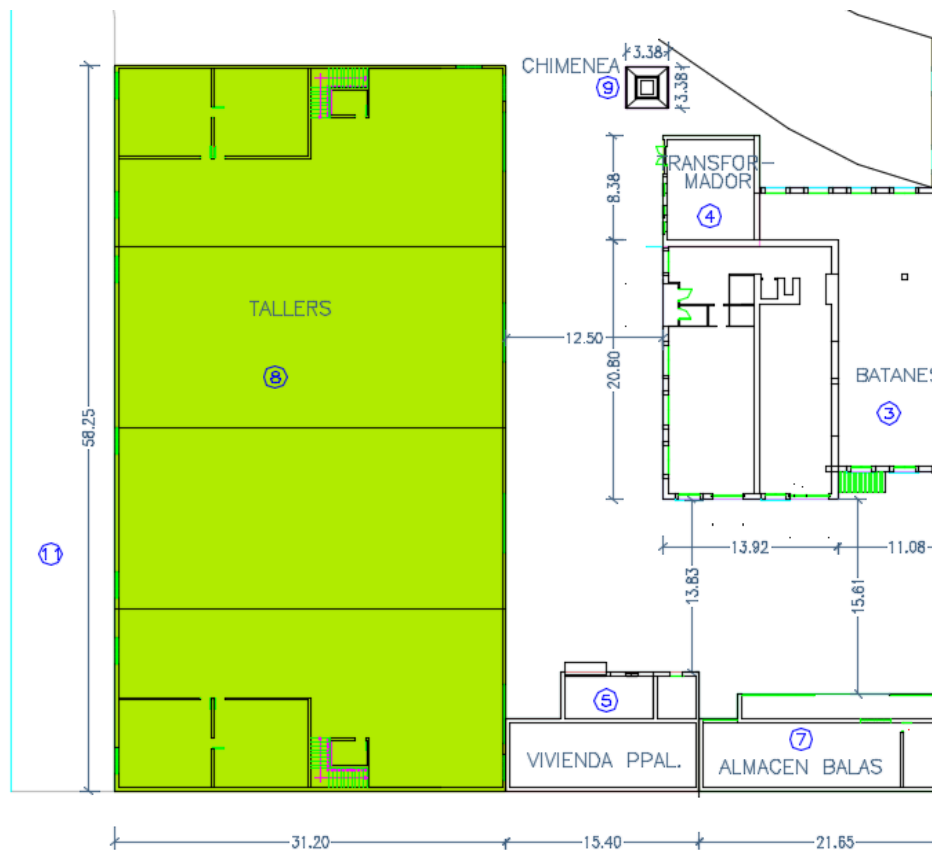


**Figura 3.3.8.1.** Delimitació de l'habitatge principal. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

### 3.3.9. Nova nau industrial

Aquesta nova nau va ser construïda a posteriori fa aproximadament uns 25 anys. És un edifici construït a part de l'edificació original per tal de donar un nou servei a l'espai. Està situat a la part sud del recinte, té un forma rectangular tres parets de la qual delimiten el recinte de la colònia. L'entrada a la nau és a la façana principal, encarada al passadís general del recinte amb una entrada per al camí d'accés a la banda est. La nau està adossada per un costat a l'habitatge del propietari, on en el seu interior, al costat oest, hi ha un altell amb oficines i serveis a la part baixa i un magatzem a la part més alta.

La seva tipologia constructiva es formada per crugies estructurals paral·leles a la façana principal, amb pilars de 40x40 cm prefabricats de formigó armat, cobertura formada per biguetes prefabricades de formigó pretensat i plaques de fibrociment, en formació de dues aigües a cada una de les cinc naus que forma, amb aigua fons interior, de recollida de les aigües pluvials, parets perimetrals i estructurals de bloc prefabricat de formigó alleugerit, amb una alçada interior de 5,30 metres sota encavallada.



**Figura 3.3.9.1.** Delimitació de la nova nau industrial. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])



La següent taula mostra els resum de superfícies dels diversos locals.

**Taula 3.3.1.** Taula resum de superfícies. (Font: Informe tècnic Jaume Caralt Calm[4])

Superfícies dels edificis			
Edifici	Planta	Descripció	Superfície [m <sup>2</sup> ]
1	BAIX	Nau industrial	1.170,74
1	PRIMERA	Nau industrial	1.170,74
1	SEGONA	Serveis industrials	51,16
1	BAIX	Local industrial	283,61
1	BAIX	TURBINA	84,30
2	BAIX	Local industrial	233,45
2	BAIX	Local industrial	160,07
2	BAIX	Local industrial	188,12
3	BAIX	Local industrial	714,17
3	BAIX	Local industrial annex	314,61
4	BAIX	Cobert	67,78
5	BAIX	Local industrial annex	141,09
6	PRIMERA	Antics habitatges	367,52
6	BAIX	Antics habitatges	367,52
7	BAIX	Magatzem	208,43
7	BAIX	Porxo	51,33
8	BAIX	Habitatge propietari	157,45
8	PRIMERA	Habitatge propietari	157,45
9	BAIX	Nova nau	2.368,44
9	ALTELL	Altell	157,77

### 3.3.10. Xemeneia, canal, resclosa, comportes i portal

- Xemeneia: De base de 3 m de costat i 22 m d'altura, construïda amb totxo.
- Canal: Fet de formigó i còdols de riu, fa uns 10 m d'ample.
- Resclosa: Feta de formigó i còdols de riu, fa uns 90 m de llarg i 3 m d'altura.
- Comportes: De forma rectangular, murs a base de còdols de riu i morter de calç.
- Portal entrada: Pilars quadrats amb ornaments de totxo.



## 4. Mesures de protecció

Les mesures de protecció de l'edifici han estat obtingudes del document "PLA ESPECIAL PER A LA REGULACIÓ DELS USOS I PATRIMONI DE LA COLÒNIA DE CA L'ESCOLÀ DE MANLLEU" del promotor Cal Escolà S.A. fet per les arquitectes Carme Carmona Millan i Mònica Molas Casacuberta el setembre de l'any 2017 a Manlleu [20]. A la pàgina 43 de l'escrit es descriu literalment:

### 4.1. Mesures d'actuació de la nau principal

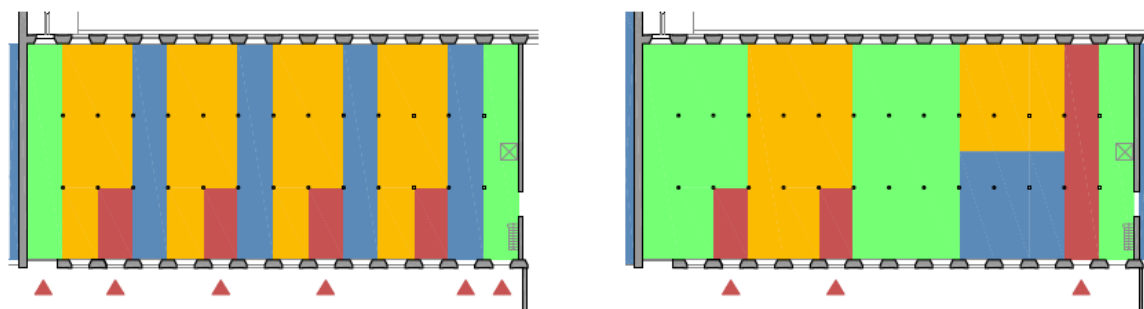
- Es protegirà el volum, l'estructura, la façana i la coberta.

#### 4.1.1. Mesures de protecció de la nau principal

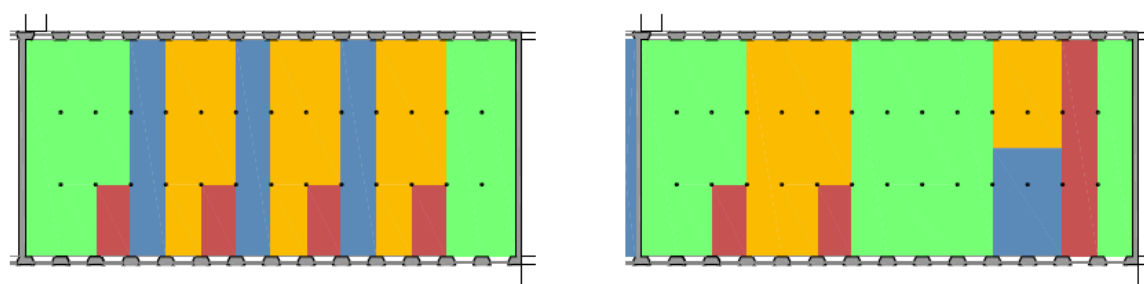
- Es protegirà tant el volum com el materials originals. Exceptuant el gruix del forjat que podrà incrementar, sempre per la cara superior, si pel canvi d'ús la normativa ho requereix, ja sigui per requisits estructurals com per requisits de seguretat i de confort (aïllament tèrmic i acústic).
- Aquesta descripció restringeix la col·locació d'aïllament a la part inferior dels sòl de la primera i segona planta, fet que obliga a només instal·lar-lo per la part superior, pujant així el nivell del sol en el cas que fos necessari l'ús d'aïllament tèrmic i acústic segons la normativa vigent.

#### 4.1.2. Mesures d'actualització de la nau principal

- Es permetrà obertures puntuals del sostre de la planta baixa per adaptar-lo a noves necessitats.
- Es permetrà un màxim de 4 nuclis de comunicació vertical, prioritzant la conservació dels elements estructurals originals.
- En cas de reparació, es reconstruirà la volta mantenint la forma original sense ser necessari utilitzar els materials originals.
- L'edifici admetrà un màxim de 10 entitats a la planta baixa i 8 a la planta primera.. L'entitat mínima tindrà aproximadament uns 70 m2 de superfície útil.



PROPOSTA 1 - PLANTA BAIXA - PROPOSTA 2



PROPOSTA 1 - PLANTA PRIMERA - PROPOSTA 2

Figura 4.1.2.1 Esquemes de les possibles distribucions de les entitats destinades a la nau principal [20].

## 4.2. Mesures d'actuació a la façana de la nau principal

- Element singular; porta de fusta original amb tarja i tirador de ferro treballat.

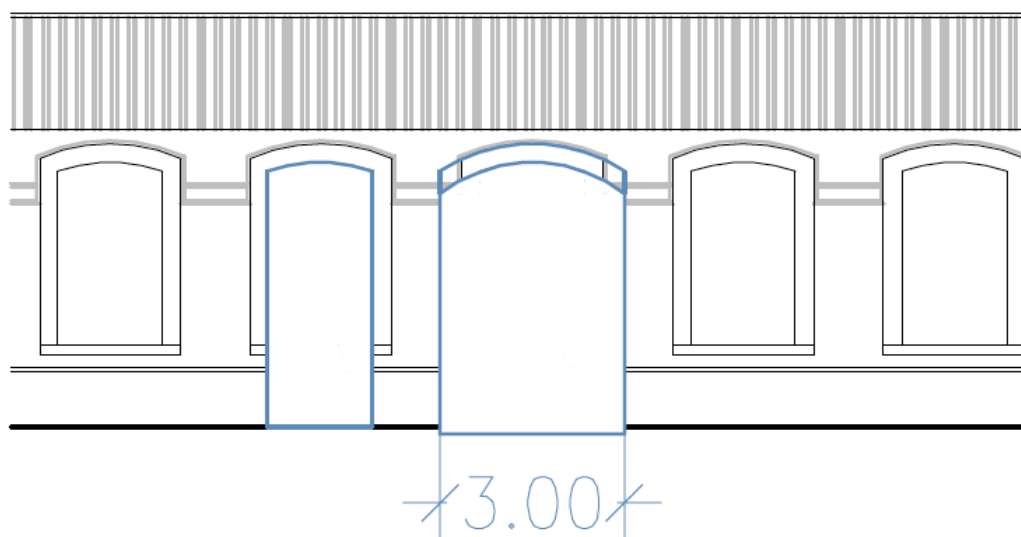
### 4.2.1. Mesures de protecció façanes sud, est i oest

- Es protegirà el pla de façana mantenint la seva imatge exterior, incloent els brancals, ampits i les llindes fins arribar als elements de tancament i fusteria.
- S'haurà de mantenir el traçat, les dimensions i la disposició a la façana de les obertures originals de la façana sud i oest. Excepcionalment, a la façana est s'hi permetran les petites modificacions següents.

### 4.2.2. Mesures d'actualització façanes est

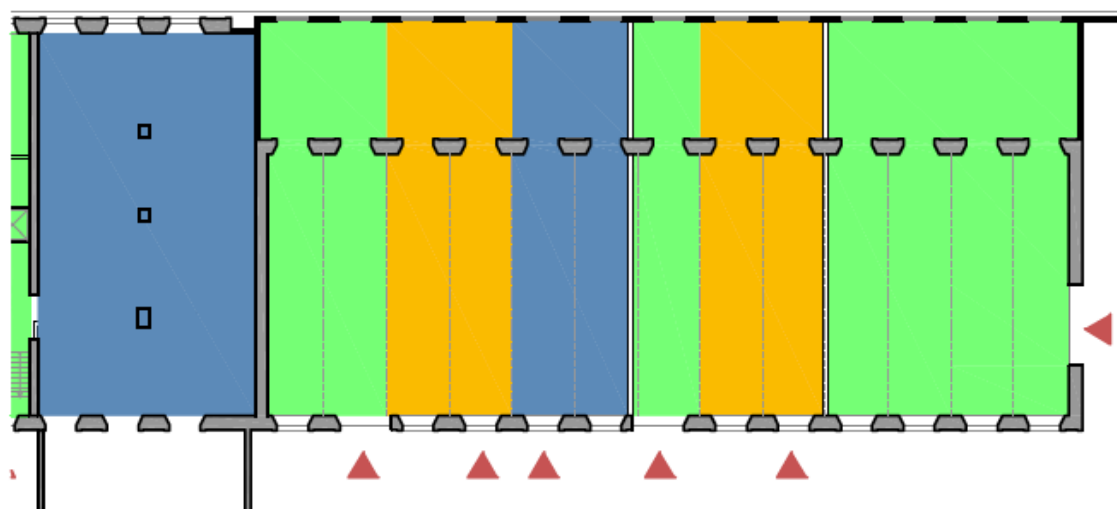
- Si és el cas, es permetrà l'enderroc de l'ampit i la conversió a porta d'alguna finestra de la planta baixa de la següent manera.

- Enderrocant l'ampit mantenint l'amplada de l'obertura.
- Ampliant a 3 m l'amplada de l'obertura. Aquesta opció no serà permesa en dues obertures contigües.



**Figura 4.2.2.1** Actualització d'enderroc de l'ampit i conversió a porta d'una finestra de la planta baixa [20].

- La modificació de les obertures de la planta baixa es farà segons les necessitats però amb la condició que el nombre total de portes mai superaran el nombre de finestres.
- Es prioritzarà que les portes, mitjançant un consell interior, donin accés a més d'una entitat.



**Figura 4.2.1.2** Priorització d'obertures de portes per donar accés a cada entitat [20].

### **4.2.3. Mesures d'actualització de les fusteries de tancament**

- En cas de reutilització de l'edifici es permetrà introduir fusteria de tancament a totes les obertures.
- Les fusteries de les finestres aniran reculades del pla de façana.
- En cas de col·locació de rètols, aquests es situaran sempre dins l'obertura.
- La porta de fusta descrita com a element singular es mantindrà i es restaurarà, tant els elements de fusta com el tirador de ferro. Si és necessari es permetrà posar-hi una doble porta a la cara interior de la façana.

## **4.3. Mesures d'actuació a la coberta de la nau principal**

- A dos vessants. Encavallada de fusta, bigues i llates de fusta. Enrajolat ceràmic i acabat amb teula àrab. El ràfec és acornisat.

### **4.3.1. Mesures de protecció de la coberta de la nau principal**

- Es protegirà tant el volum com els materials originals de pla de coberta i del ràfec.

## **4.4. Mesures d'actuació de la nau secundària o humidificadors**

- Es protegirà el volum, part de la façana i la coberta.

### **4.4.1. Mesures d'actualització dels humidificadors**

- L'edifici admetrà un màxim de 7 entitats. Cada entitat tindrà un mínim d'una crugia que equival a 80 m2 útils aproximats.

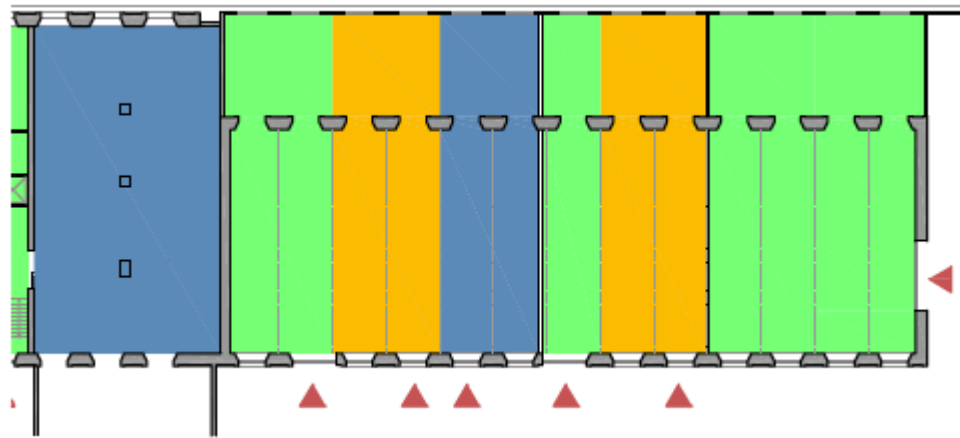


Figura 5.4.1.1 Esquema de la possible distribució de les diferents entitats [20].

#### 4.4.2. Mesures de protecció façanes nord i est dels humidificadors

- Es protegirà el pla de façana original mantenint la seva imatge exterior, incloent els brancals, ampits i les llindes fins arribar als elements de tancament i fusteria.

#### 4.4.3. Mesures d'actualització façana est dels humidificadors

- Si és el cas, es permetrà l'enderroc de l'ampit i la conversió a porta d'alguna finestra de la següent manera:
  - Enderrocant l'ampit mantenint l'amplada de l'obertura.
  - Ampliant a 3 m l'amplada de l'obertura. Aquesta opció no serà permesa en dues obertures contigües.
- La modificació de les obertures es farà segons les necessitats però amb la condició que el nombre total de portes mai superaran el nombre de finestres.

#### 4.4.4. Mesures d'actualització de les fusteries de tancament dels humidificadors

- En cas de reutilització de l'edifici es permetrà introduir fusteria de tancament a totes les obertures.
- Les fusteries de les finestres aniran reculades del pla de façana.
- En cas de col·locació de rètols, aquests es situaran sempre dins l'obertura.

#### 4.4.5. Mesures de protecció de la coberta dels humidificadors

- Es protegirà tant el volum com els materials originals del pla de coberta.

#### 4.5. Mesures d'actuació als batans

- Es protegirà el volum, la façana i la coberta.

##### 4.5.1. Mesures de protecció

- L'espai 1 admetrà un màxim de dues entitats.
- L'espai 2 i 3 podran admetre un màxim d'una entitat cadascú o bé comunicar-se i formar part de la mateixa entitat.
- L'espai 4 admetrà només 1 entitat.

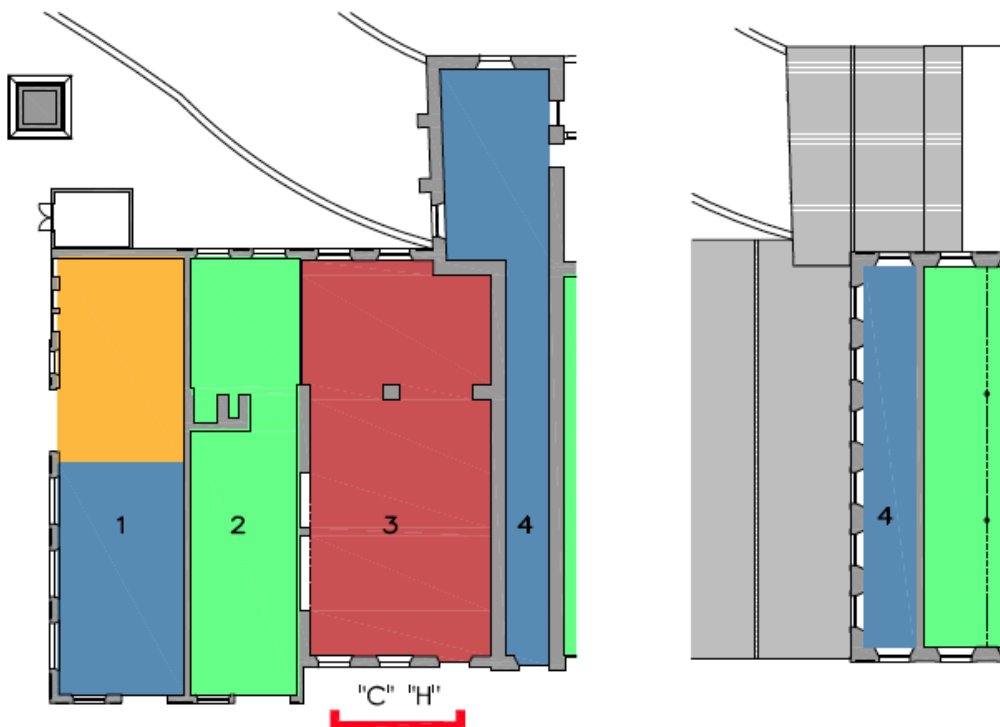


Figura 4.5.1.1 Esquema de la possible distribució de les diferents entitats [20].



#### 4.5.2. Mesures de protecció de la façana dels batans

- Es protegirà el pla de façana mantenint la seva imatge exterior, incloent els brancals, ampits i les llindes fins arribar als elements de tancament i fusteria.
- Elements sigulars: S'haurà de mantenir les inicials "C" i "H" (Casacuberta Hermanos) corresponents als fundadors de la fàbrica tèxtil.
- S'haurà de mantenir el traçat, les dimensions i la disposició a la façana de les obertures originals.

#### 4.5.3. Mesures d'actualització de les fusteries de tancament dels batans

- En cas de reutilització de l'edifici es permetrà introduir fusteria de tancament a totes les obertures.
- Les fusteries de les finestres aniran reculades del pla de façana.
- En cas de col·locació de rètols, aquests es situaran sempre dins l'obertura.

#### 4.5.4. Mesures de protecció de la coberta dels batans

- Es protegirà tant el volum com els materials originals del pla de coberta i del ràfec.

### 4.6. Mesures d'actuació a la xemeneia, canal, resclosa portes i portal

- Es protegirà el volum, la façana i la coberta.

#### 4.6.1. Mesures de protecció de la xemeneia

- Es protegirà tant el volum com els materials originals de l'element.

#### 4.6.2. Usos admesos de la xemeneia

- Ús ornamental.

#### **4.6.3. Mesures de protecció de canal**

- Es protegirà tant el volum com els materials originals de l'element.

#### **4.6.4. Usos admesos de canal**

- Admetrà únicament l'ús de canal.

#### **4.6.5. Mesures de protecció de resclosa**

- Es protegirà tant el volum com els materials originals de l'element.

#### **4.6.6. Usos admesos de la resclosa**

- Admetrà únicament l'ús de resclosa.

#### **4.6.7. Mesures de protecció de comportes**

- Es protegirà tant el volum com els materials originals de la façana.

#### **4.6.8. Usos admesos de les comportes**

- Admetrà únicament l'ús de comportes. Actualment actives.

#### **4.6.9. Mesures de protecció del portal d'entrada**

- Es protegirà tant el volum com els materials originals de l'element.

#### **4.6.10. Usos admesos del portal d'entrada**

- Tindrà ús ornamental.

### **4.7. Mesures d'actuació a l'antic habitatge de l'amo**

#### **4.7.1. Mesures d'actualització a l'antic habitatge de l'amo**

- La superfície construïda de la planta baixa és de 157 m<sup>2</sup>.
- La superfície construïda orientativa de la primera planta és de 157 m<sup>2</sup>.
- L'ús actual de l'edifici és residencial.
- L'edifici admetrà ús de comerç, oficines, serveis, restauració, recreatiu, indústries o activitats d'emmagatzematge integrades. Amb un màxim de 6 entitats.

### **4.8. Mesures d'actuació dels habitatges dels antics obrers**

#### **4.8.1. Mesures d'actuació dels habitatges dels antics obrers**

- L'edifici admetrà un màxim de 12 entitats, on l'entitat mínima tindrà aproximadament 30 m<sup>2</sup> de superfície útil.

### **4.9. Mesures d'actuació respecte els altres edificis del conjunt**

- Tots els altres habitatges construïts a posteriori no entren en el marc de protecció proposada.



## 5. Aïllaments dels edificis

Com s'ha descrit anteriorment, les estructures que conformen el complex són velles i en molts dels casos hauran de ser rehabilitades o substituïdes, és per aquest motiu que s'haurà de fer una rehabilitació d'alguns espais.

Segon la guia pràctica de l'energia per la rehabilitació d'edificis generada per l'"Instituto per la Diversificación y Ahorro de l'Energía" (IDAE)[7]. Per llei, des del mes d'octubre de l'any 2006, és obligatori aïllar els edificis existents per sobre d'uns mínims quan hi hagi modificacions, reformes o rehabilitacions que afectin a més del 25% de la superfície total de l'envoltant tèrmic de l'edifici [12].

A part de l'establert per llei, que per qualsevol edifici de més de 20 anys o insuficientment aïllat, s'aconsella una rehabilitació tèrmica amb la qual es podria arribar a una estalvi energètic de fins el 50% de l'energia consumida per la calefacció i/o refrigeració.

El cas que ens ocupa engloba tots aquests requisits i per tant serà convenient aplicar la normativa, ja que serà beneficiós pel projecte fent que les necessitats energètiques del conjunt siguin molt més petites. Elimina les condensacions, que comporta l'eliminació de les humitats interiors que solen comportar l'aparició de floridures, i millora l'aïllament acústic.

A l'hora de calcular les diferents resistències tèrmiques dels materials que conformen l'estructura de l'edifici i els aïllaments que s'instal·laran, cal tenir en compte la resistència tèrmica deguda a la convecció de les superfícies en contacta amb el medi, tant exterior com interior, els valors de les quals queden reflectides a la següent taula.

**Taula 5.1.** Resistències tèrmiques superficials [12].

Resistència superficial [ $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ]		
Tipus	Interior	Exterior
Particions horitzontals	0,04	0,13
Cobertes	0,04	0,1
Sòls	0,04	0,17

### 5.1. Aïllament de façanes

La pàgina web "Ciències Ambientales" [8], dona valor de les façanes, finestres i murs, pel les quals es pot arribar a perdre fins a un 13% de l'energia a través de les finestres i un 25% a través dels murs, del

total de l'energia que es perd en un edifici. Com que aquestes pèrdues representen més d'un terç de les totals, s'hauran d'aplicar millores.

Primerament s'hauran de rehabilitar els murs i parets que facin falta en funció dels futurs usos dels espais. Un cop fetes aquestes reformes s'haurà de decidir on col·locar l'aïllament, tenint en compte que es pot posar per la part exterior o per la part interior dels murs, també tenint en compte que les parets de l'interior de l'habitatge també s'hauran d'aïllar, d'una forma menys acusada, per tal de millorar l'acústica dels espais, i per poder climatitzar d'una forma independent les diferents estances. Però, per aquest cas, com que l'edifici està protegit per un POUM, s'hauria de mantenir la façana actual, fer que s'hauria de buscar la manera d'aïllar l'edifici per la part interior.

Seguidament, també s'ha de pensar en renovar les finestres de l'edifici per unes de nova generació. Aquestes que poden ser de doble o triple vidre, ajuden a mantenir el clima desitjat a l'interior de l'edifici.

S'ha de tenir en compte que aquest conjunt es troba protegit, per tant s'haurà de tenir en compte l'estètica de les finestres, per tant d'afectar al mínim a l'aparença actual.

Segon la normativa vigent marcada pel Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), a l'apèndix D apartat D.2.13 corresponen zona climàtica D1, s'extreuen les conductàncies tèrmiques següents dependents del tipus d'envoltant.

**Taula 5.1.1** Transmissió tèrmiques límit pels murs per la zona climàtica D1 [12].

Transmissió límit [ $\text{W/K}\cdot\text{m}^2$ ]	
Murs i façanes ( $U_{\text{lim}}$ )	0,66

En el cas que les particions siguin entre dos espais del propi edifici els criteris de transmissió passen a ser els següents:

**Taula 5.1.2** Transmissió tèrmiques límit pels murs entre espais en funció de l'ús [12].

Transmissió límit [ $\text{W/K}\cdot\text{m}^2$ ]	
Murs mateix ús	1,2
Murs diferent ús	0,85

## 5.2. Aïllament de cobertes

Unes de les altres pèrdues importants d'energia en els edificis se centren a la coberta. Aquestes prenen un valor del 30% de total [8]. Per poder augmentar el rendiment energètic de l'edifici s'haurà d'aplicar una capa d'aïllant sota la cobert existent de l'edifici. Aquest procés tracta en col·locar aïllant entre les bigues i llistons, i les teules. Se sol recomanar afegir una impermeabilització per sobre de l'aïllant per tal d'evitar problemes de goteres.

El Codi Tècnic de l'Edificació, marca la següent transmitància límit per a les cobertes.

**Taula 5.2.1** Transmitància tèrmica límit per les cobertes per la zona climàtica D1 [12].

Transmitància límit [ $W/K \cdot m^2$ ]	
Cobertes (Uclim)	0,38

## 5.3. Aïllament de sòls i sostres

Els aïllaments no només es posen a les parts de l'edifici en contacte directe amb l'exterior, sinó que també es posen a les parets terres i sostres interior, per tal d'aconseguir un millor aïllament acústic i tèrmic, per tal de poder tenir una climatització en els diversos espais. L'energia que es perd a través dels sòls i sostres se situa al voltant del 7% [8].

Segons el Codi Tècnic de l'Edificació marca la següent transmitància pels sostres.

**Taula 5.3.1** Transmitància tèrmica límit pels sòls i sostres per la zona climàtica D1 [12].

Transmitància límit [ $W/K \cdot m^2$ ]	
Particions horitzontals	0,49
Sòls en contacte terreny	0,66

Als sòls en contacte amb el terreny només s'aplica fins al primer metre enterrat al terreny.

En el cas que les particions siguin entre dos espais del propi edifici els criteris de transmitància passen a ser els següents:

**Taula 5.3.2** Transmitància tèrmiques límit de les particions horitzontals entre espais en funció de l'ús [12].

Transmitància límit [ $W/K \cdot m^2$ ]	
Terres mateix ús	1,2
Terres diferent ús	0,85

## 5.4. Hipòtesi aïllaments nau principal

### 5.4.1. Aïllament dels murs

Com s'ha descrit anteriorment les parets d'aquesta edifici tenen un gruix d'entre 60 i 80 cm, construïts amb pedra de riu i morter de calç. És per aquest fet que és treballarà amb el gruix més petit, el de 60 per tal de treballar amb el cas més crític, i assegurar així una bona rehabilitació complint amb la normativa marcada pel Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).

Gràcies a les taules de resistència tèrmica extretes del document de càlculs del coeficient de transmissió de la calor dels tancaments [10], s'ha pogut extreure les diverses resistències que entren en joc als murs de la nau.

**Taula 5.4.1** Conductivitats tèrmiques segons material [10].

Característiques dels materials		
Material	Densitat [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductivitat tèrmica [W/m*°C]
Roques compactes	2.500-3.000	3,5
Roques poroses	1.700-2.500	2
Morter de calç	1.600	0,87
Morter de ciment	2.000	1,4
Totxo perforat	1.600	0,76
Totxo massís	1.800	0,87
Rajola	2.000	1,05
Formigó amb àrids	2.000	1,16
Formigó armat	2.400	1,63
Ciment	2.000	1,4

Amb aquests valors es pot calcular la conductivitat dels murs seguint les fórmules de la transferència de calor. Entenent que el mur és de 60 cm de gruix i conformat amb una barreja heterogènia de roques compactes i morter de calç, és per aquest fet que s'ha calculat 49 cm de gruix de paret conformat per roques poroses i 11 cm de morter de calç. Amb aquestes especificacions s'ha calculat la resistència tèrmica que té el mur actualment.

$$R_{Total} \left[ \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right] = \sum \text{Guix material [m]} * \left( \text{Cond. tèrmica } \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right)^{-1} + R_{Superficial}$$

(Eq. 5.4.1)



$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda}$$

(Eq.5.4.2)

$$R_{Mur} = 0,49 * 0,5 + 0,11 * 1,149 + 0,04 + 0,13 = 0,54139 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

On es pot calcular la transmitància tèrmica amb la següent fórmula;

$$\frac{1}{R} = U \left[ \frac{W}{m^2 * ^\circ C} \right]$$

(Eq.5.4.3)

$$U = \frac{1}{0,54139} = 1,847 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

El Codi Tècnic de l'Edificació marca que els murs en contacte amb l'exterior, com és el cas, han de tenir una transmitància límit de 0,66 W/m2\*°C [12], on la resistència tèrmica equivalent necessària és la següent;

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,66} = 1,515 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

Amb aquests valors es pot precedir a trobar el material i guix del mateix que ajuda a complir amb la normativa establerta pel CTE, complint la fórmula que es descriu a continuació.

$$\frac{1}{U_{lim}} = R_{Mur} + \frac{e}{\lambda}$$

(Eq.5.4.4)

On transformant l'equació s'arriba a la següent igualtat;

$$e [m] = \lambda * \left( \frac{1}{U_{lim}} - R_{Mur} \right)$$

(Eq.5.4.5)

Si es substitueixen els valors coneguts actualment, s'aconsegueix la següent expressió;

$$e [m] = \lambda * (1,52 - 0,54139)$$

#### 5.4.1.1. Aïllant Clima 34

Amb aïllant tèrmic de la marca Isover, model Clima 34, el qual és un panell rígid d'alta densitat de llana de vidre, no hidròfil i sense revestiment [13].

Segons el fabricant, el material té una conductància tèrmica de  $0,034 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$ , amb aquesta conductància es procedirà a calcular el gruix necessari de material per poder complir amb els requisits.

$$e [m] = 0,034 * (1,52 - 0,54139) = 0,033 \text{ m}$$

Amb l'espessor mínim de 33,10 mm. El fabricant només produeix, amb un espessor que compleixi les condicions, de 40 mm i superiors, que per tant compliran amb accés. A més a més els panells aniran recoberts amb una placa o plafó per tal de poder donar un millor aspecte a l'estància, i així augmentant el gruix del mur i per tant la seva resistència tèrmica. Aquestes plaques tenen unes dimensions de 1,2 x 0,6 x 0,04 metres.

La nova resistència del mur serà:

$$R_{Mur} = 0,49 * 0,5 + 0,11 * 1,1497 + 0,04 + 0,13 + \frac{0,04}{0,034} = 1,7179 \frac{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

La transmitància tèrmica del mur amb l'aïllament serà:

$$U_{Mur} = \frac{1}{R_{Mur}} = \frac{1}{1,7179} = 0,582 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

#### 5.4.1.2. Aïllant Calivel

El model d'aïllant Calivel de la marca Isover, és un panell rígid de llana de vidre d'alta densitat, no hidròfil, revestit per una de les seves cares per una placa de guix laminat [14].

Segons el fabricant, el material té una conductància tèrmica de  $0,034 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$ , amb aquesta conductància s'aconsegueix dimensionar l'espessor necessari.

$$e [m] = 0,034 * (1,52 - 0,54139) = 0,0329 \text{ m}$$

Aquest model que proporciona l'empresa només es presenta amb les dimensions de com a màxim 40 mm, fet que compleix per tal d'aïllar correctament l'edifici.

$$R_{Aïllant} = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,04}{0,034} = 1,176 \frac{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_{Total} = R_{Total Aïllant} + R_{Mur} = 1,176 + 0,5413 = 1,7173 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La transmitància tèrmica del mur amb l'aïllament serà:

$$U_{Mur} = \frac{1}{R_{Mur}} = \frac{1}{1,7173} = 0,582 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

#### 5.4.2. Aïllament de les particions horitzontals en contacte amb el terreny

L'estructura que conforma el sòl de la planta baixa de l'edifici és d'uns 50 cm de formigó en contacte amb el terra i d'una capa de rajoles a la part més superior. Degut a que l'edifici es troba a tocar del riu Ter, s'instal·larà una capa impermeabilitzant per tal d'evitar les humitats.

El Codi Tècnic de l'Edificació marca que els tancaments en contacte amb el terreny, com és el cas, han de tenir una transmitància límit de  $0,66 \text{ W/m}^2 * ^\circ C$  [12]. Per tal de complir amb les especificacions, es procedeix a calcular la resistència tèrmica del sòl, i si fos necessari, fer un estudi dels possibles aïllaments útils.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,66} = 1,515 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

Com s'ha descrit anteriorment, la conductivitat tèrmica que té el formigó és de  $1,16 \text{ W/m} * ^\circ C$ , i amb l'espessor del mateix es pot calcular la resistència del sòl actual.

$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda} + R_{int}$$

$$R_{Sòl} = 0,5 * \frac{1}{1,16} + 0,17 = 0,601 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La transmitància tèrmica del mur serà:

$$U_{Sòl} = \frac{1}{R_{Sòl}} = \frac{1}{0,601} = 1,664 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

Com es pot comprovar, la resistència actual del sòl no arriba a cobrir els requeriments reglamentaris, és per aquest motiu que es procedirà a analitzar possibles solucions de rehabilitació.

### 5.4.2.1 Aïllament Panel Solado

El model d'aïllant Panel Solado, és un panell rígid d'alta densitat de llana de roca Isover, no hidròfil i sense revestiment [16]. Aquest model en concret s'ha triat pel fet que és ideal per a la instal·lació de terra radiant, com que aquest projecte està basat en energies renovables és probable la possible instal·lació d'aquesta tecnologia de climatització.

Segons el fabricant, el material té una conductància tèrmica de  $0,036 \text{ W/(m}^\circ\text{C)}$ , amb aquesta conductància s'aconsegueix dimensionar l'espessor necessari.

$$e [m] = 0,036 * (1,52 - 0,601) = 0,0329 \text{ m}$$

El model que proporciona l'empresa només es presenta amb les dimensions de com a màxim 30 mm fet que és insuficient per tal d'aïllar correctament l'edifici.

La resistència tèrmica de l'aïllament és la següent;

$$R_{\text{Panel solado}} = 0,03 * \frac{1}{0,036} = 0,833 \frac{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Com que l'aïllant és especial per instal·lacions per terra radiant, és necessària una aplicació superior a 40 mm de formigó armat i ciment, per tal de crear una capa resistent per possibles usos que es vulguin donar al sòl. Amb aquesta capa necessària de 50 mm de material s'aconsegueix una resistència tèrmica extra.

$$R_{\text{Formigó}} = 0,05 * \frac{1}{1,63} = 0,0306 \frac{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{Total}} = R_{\text{Sòl}} + R_{\text{Panel solado}} + R_{\text{Formigó}} + R_{\text{Interior}}$$

$$R_{\text{Total}} = 0,431 + 0,833 + 0,031 + 0,17 = 1,295 \frac{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

La resistència obtinguda total no és suficient per complir amb les especificacions.

### 5.4.2.2. Aïllament Arena PF

Com que anteriorment no s'ha trobar solució per a complir amb els requisits marcats pel CTE, es passarà a plantejar la hipòtesi de combinar diversos sistemes d'aïllament per cobrir-los.

Per dur a terme aquesta hipòtesi, s'ha escollit el panell rígid Arena PF de la marca Isover de 15 mm, no hidròfil i sense revestiment. El material escollit té una conductivitat tèrmica de  $0,032 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ .

Cal afegir que sobre el terra radiant hi haurà d'anar una capa de formigó armat superior a 40 mm. Amb la conductivitat, i les resistències calculades a l'apartat anterior es procedirà a fer l'anàlisi de la hipòtesi plantejada.

$$R_{\text{Arena PF}} = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,015}{0,032} = 0,46875 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{Total}} = R_{\text{Sòl}} + R_{\text{Panel solado}} + R_{\text{Arena PF}} + R_{\text{Formigó}} + R_{\text{Interior}}$$

$$R_{\text{Total}} = 0,601 + 0,833 + 0,469 + 0,031 + 0,17 = 2,104 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

La solució presentada compleix les condicions establertes pel document CTE d'una resistència de 1,515 m<sup>2</sup>·°C/W. Però s'estudiarà si existeix alguna altre procediment per tal de dur a terme la mateixa funció.

#### 5.4.2.3. Aïllament amb terra flotant

Davant la solució poc recomanada de posar un doble aïllament amb panells, s'ha contactat amb el departament d'arquitectura especialitzat en aïllaments de l'empresa Saint-Gobain Isover Iberica [21]. El servei tècnic ha proposat la solució d'aplicar el seu producte Alphatoit, un terra flotant el qual és constituït per una capa de polietilè de 0,2 mm amb conductància tèrmica de 0,51 W/m·°C [22], una capa de llana mineral de conductivitat 0,039 W/m·°C [23], una nova capa de polietilè de 0,2 mm. Seguidament es procedirà cobrir-ho amb el panell solano de 20 mm per tal d'instal·lar-hi el terra radiant. Can afegir que sobre els aïllaments hi anirà una capa de com a mínim 5 cm per garantir una bona distribució dels pesos sobre els aïllants.

Amb aquestes especificacions i recollint les dels apartats anteriors, es pot calcular el gruix de llana mineral que fa falta per complir amb el Codi Tècnic.

$$R_{\text{Necessària}} = \frac{1}{0,66} = R_{\text{Sòl}} + R_{\text{Interior}} + 2 * R_{\text{Poli}} + R_{\text{LLana}} + R_{\text{Panell}} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}} \right]$$

$$R_{\text{Necessària}} = \frac{1}{0,66} = 0,431 + 0,17 + 2 * \frac{0,0002}{0,51} + \frac{e}{0,039} + \frac{0,02}{0,036} \left[ \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}} \right]$$

On l'espessor necessària de llana és de;

$$e = 0,039 * \left( \frac{1}{0,66} - 0,431 - 0,17 - 2 * \frac{0,0002}{0,51} - \frac{0,02}{0,036} \right) = 0,0139 \text{ m}$$

L'espessor necessari és de 13,95 mm. L'espessor mínim que proporciona el fabricant és de 40 mm. fet que fa complir amb els requeriments del CTE.

El fabricant ha recomanat per aquest cas usar una llana d'espessor 50 mm, perquè aquest gruix té una resistència major a la compressió.

L'espessor dels aïllaments és equivalent a la suma dels gruixos de tots els seus components.

$$\Sigma \text{ Espessors} = 2 * \text{Làmina polietilè} + \text{Llana mineral} + \text{Panell Solano} + \\ \text{Mida irregularitats} + \text{Morter}$$

(Eq.5.4.6)

$$\Sigma \text{ Espessors} = 2 * 0,2 + 40 + 20 + 15 + 50 = 125,4 \text{ mm}$$

S'ha de tenir en compte que sobre aquest gruix a l'hora de fer la reforma, ja que els terres pujaran 13,5 cm i encara s'hi ha de sumar el possible recobriment que es vulgui donar al sòl.

La nova resistència del sòl serà:

$$R_{Sòl} = 0,431 + 0,17 + \frac{0,04}{0,039} + 2 * \frac{0,0002}{0,51} + \frac{0,02}{0,036} = 2,183 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

On també caldria afegir la resistència tèrmica del formigó que va sobre els aïllaments i el possible sòl.

La transmitància tèrmica del sòl amb l'aïllament serà:

$$U_{Sòl} = \frac{1}{R_{Sòl}} = \frac{1}{2,183} = 0,458 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

### 5.4.3. Aïllament de les particions horitzontals interiors primera i segona planta

Les particions horitzontals interiors de la nau principal, són els terres de la primera planta i el de les golfes. El Codi Tècnic de l'Edificació marca per aquestes particions que tenen o no el mateix ús és de 1,2 i 0,85 W/m<sup>2</sup>\*°C respectivament com a transmitància màxima.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,85} = 1,176 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

$$R_{Necessària} = \frac{1}{1,2} = 0,833 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La construcció actual del terra està formada per pilars rodons de ferro colat, jàsseres metàl·liques perpendiculars a les façanes i sostres formats per revoltos amb totxo massís plens de formigó i recoberts amb rajoles. Suposant que del punt més alt dels revoltos fins a la superfície de la part superior hi ha uns 20 cm, corresponents al gruix de formigó, i 10 cm de totxo massís. Amb aquestes característiques, es procedirà a calcular l'actual resistència del sòl.

$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda} + R_{convecció}$$

$$R_{sòl} = \frac{0,2}{1,16} + \frac{0,1}{0,87} + 0,04 + 0,17 = 0,497 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

Amb la resistència actual del sòl calculada només falta plantejar les possibles solucions per tal de complir amb les normatives.

#### 5.4.3.1 Aïllant Panell Solano per un ús comú

El model d'aïllant Panell Solado, és un panell rígid d'alta densitat de llana de roca Isover, no hidròfil i sense revestiment [16]. Aquest model en concret s'ha triat pel fet que és ideal per a la instal·lació de terra radiant, com que aquest projecte està basat en energies renovables és probable la possible instal·lació d'aquesta tecnologia de climatització.

Segons el fabricant, el material té una conductància tèrmica de 0,036 W/(m·°C), amb aquesta conductància s'aconsegueix dimensionar l'espessor necessari.

$$e [m] = 0,036 \cdot (0,833 - 0,497) = 0,012 m$$

El gruix que s'aproxima més per complir amb els requisits del Codi Tècnic és el de 20 mm, el qual és superior al requerit, fet que assegura un marge d'error en el dimensionament.

#### 5.4.3.2 Aïllament amb terra flotant i panell Solano per diferent ús

En el cas que els diferents espais tinguin un ús diferent es procedirà a treballar amb la transmissió màxima de 0,85 W/m<sup>2</sup>·°C. Com s'ha vist a l'apartat anterior, el panell Solano sol no podria assumir els requisits del CTE, és per això que s'ha optat per la instal·lació d'un terra flotant sota del panell Solano. Els càlculs per determinar l'espessor necessari de llana mineral Alphatop es mostren a continuació. Per tal de no augmentar els gruix del sòl, s'usarà el panell Solano a 20 mm.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,85} = 1,176 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$$

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,85} = R_{sòl} + 2 * R_{poli} + R_{LLana} + R_{panell} \left[ \frac{m^2 * ^\circ C}{W} \right]$$

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,85} = 0,497 + 2 * \frac{0,0002}{0,51} + \frac{e}{0,039} + \frac{0,02}{0,036} \left[ \frac{m^2 * ^\circ C}{W} \right]$$

On l'espessor necessària de llana és de;

$$e = 0,039 * \left( \frac{1}{0,85} - 0,497 - 2 * \frac{0,0002}{0,51} - \frac{0,02}{0,036} \right) = 0,0048 \text{ m}$$

Finalment s'optarà per un gruix de llana de 40 mm i un panell Solano de 20 mm, acte que compleix amb les especificacions marcades per el CTE. Aquesta opció incrementarà el gruix del sòl en:

$$\Sigma \text{ Espessors} = 2 * 0,2 + 40 + 20 + 15 + 50 = 125,4 \text{ mm}$$

#### 5.4.4. Aïllament de coberta de la nau

La coberta de la nau principal es troba fent de sostre de les golfes. Aquesta es troba en contacte directe amb l'aire exterior, ha de complir amb les especificacions tècniques que marca el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), descrites anteriorment amb un valor de transmitància tèrmica límit de 0,38 W/m<sup>2</sup>\*K.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,38} = 2,632 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La construcció actual compta d'una coberta a dues aigües amb teula de ceràmica àrab, suportada per encavallades i bigues. La composició del mateix és d'una capa de rajoles de 5 cm de gruix on a sobre hi va una capa de 10 cm de morter de calç, amb una transmitància tèrmica de 0,87 W/m<sup>2</sup>\*K, i sobre hi van col·locades les teules.

$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda} + R_{Convecció}$$

(Eq.5.4.7)

$$R_{Coberta} = \frac{0,05}{1,05} + \frac{0,1}{0,87} + 0,04 + 0,10 = 0,30 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La transmitància tèrmica de la coberta és de:

$$U_{Coberta} = \frac{1}{R_{Coberta}} = \frac{1}{0,30} = 3,3 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$



El resultat de resistència tèrmica del teulat actual és inferior a la que hauria de tenir segons el Codi Tècnic. Però com que serà una rehabilitació total de l'edifici es procedirà a refet el teulat des de 0, fet que afavorirà la seva resistència tèrmica. És per aquest motiu que es calcularà el dimensionament de nou teulat.

#### 5.4.4.1 Aïllant IBR

El model d'aïllant IBR de la marca Isover, són rotlles de llana, no hidròfil, revestit per una de les seves cares per un paper kraft que actua com a barrera contra el vapor. Aquest aïllament té una conductància tèrmica de 0,04 W/m\*°C [18], amb aquesta dada es procedirà a calcular l'espessor necessari d'aquest aïllament per tal de complir amb les especificacions.

$$e[m] = \lambda * (R_{Necessària} - R_{Coberta})$$

$$e [m] = 0,04 * (2,632 - 0,30) = 0,09328 m$$

Segons l'espessor necessari d'aïllament obliga a agafar el model de model més gruixut, en concret de 120 mm, fet que compliria amb els requisits i encara més si es té en compte que sobre l'aïllant hi anirà una cobertura amb una placa de guix que encara n'augmentaria la resistència tèrmica.

La nova resistència de la coberta serà:

$$R_{Coberta} = 0,30 + \frac{0,120}{0,040} = 3,3 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La transmitància tèrmica de la coberta amb l'aïllament serà:

$$U_{Coberta} = \frac{1}{R_{Coberta}} = \frac{1}{3,3} = 0,303 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

## 5.5. Hipòtesi aïllaments humidificadors

Pel cas de l'edifici dels humidificadors, al ser de la mateixa tipologia constructiva i pel fet de d'estar protegit d'igual manera que la nau principal, els aïllaments que s'aplicaran en aquest cas seran exactament les mateixes que en l'exemple anterior.

## 5.6. Hipòtesi aïllaments batans

Els batans, de la mateixa manera com s'ha procedit en els dos apartats anteriors comparteixen tipologia constructiva i protocols de protecció. Per aquests motius els aïllaments seran de les mateixes característiques.

## 5.7. Hipòtesi aïllaments antics habitatges

Els antics habitatges de la colònia tèxtil, que és on antigament vivien els treballadors de fàbrica, està pensat rehabilitar-lo per tal de fer un hostel o mini apartaments per a lloguer. Per aquest motiu es procedirà a calcular l'aïllament que necessiten els actuals edificis per tal de complir amb la normativa del Codi Tècnic de l'Edificació. Aquesta construcció té protegit el seu volum però, a diferències dels edificis anteriors, no la façana ni la coberta, fet que facilita la col·locació d'aïllament per l'exterior de l'edifici.

### 5.7.1. Aïllament dels murs

Els murs dels habitatges són de totxo massís de 15 cm amb una conductivitat tèrmica de  $0,87 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , pedres poroses de 10 cm de gruix i conductivitat  $2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  i morter de calç com a compactador de 5 cm de gruix i conductivitat de  $0,87 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Amb aquestes característiques i amb les dades que s'han obtingut anteriorment de la conductància dels materials, es procedeix a calcular la resistència actuals dels murs.

$$R = \sum \frac{e}{\lambda} + R_{\text{convecció}}$$

$$R_{\text{Mur}} = \frac{0,15}{0,87} + \frac{0,1}{2} + \frac{0,05}{0,87} + 0,04 + 0,13 = 0,449 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

La resistència mínima que han de tenir els mur en contacte amb l'exterior, marcada pel Codi Tècnic de l'Edificació, ha de ser de  $1,515 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

La transmitància tèrmica dels murs és:

$$U_{\text{Mur}} = \frac{1}{R_{\text{Mur}}} = \frac{1}{0,449} = 2,22 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

### 5.7.1.1. Aïllament Ecovent VN 035

Gràcies al fet de no tenir una façana protegida, s'ha triat la solució d'aïllament exterior. La transmitància límit de les façanes és de  $0,66 \text{ W/m}^2\text{°C}$ . En concret s'ha triat l'aïllant de la marca Isover model Ecovent VN 035 el qual, segons els fabricant, té una conductància de  $0,035 \text{ W/m}^2\text{°C}$  [19].

$$e[m] = \lambda * (R_{Necessària} - R_{Mur})$$

$$e[m] = 0,035 * \left(\frac{1}{0,66} - 0,449\right) = 0,037 \text{ m}$$

Amb aquest espessor s'escollirà l'aïllant amb el gruix de 40 mm, fet que millora la resistència tèrmica del mur actual per sobre les exigències.

$$R_{Mur} = 0,449 + \frac{0,04}{0,035} = 1,59 \frac{\text{m}^2 * \text{°C}}{\text{W}}$$

La transmitància tèrmica del mur és:

$$U_{Mur} = \frac{1}{R_{Mur}} = \frac{1}{1,59} = 0,628 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{°C}}$$

### 5.7.2. Aïllament de la coberta

La coberta de l'edifici és de les mateixes característiques que les de la nau principal, és per aquest motiu que la resistència tèrmica serà la mateixa. La construcció actual compta d'una coberta amb teula de ceràmica àrab, suportada per encavallades i bigues. La composició del mateix és d'una capa de rajoles de 5 cm de gruix on a sobre hi van 10 cm de morter de calç, amb una transmitància tèrmica de  $0,87 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , i sobre hi van col·locades les teules.

$$R = \sum \frac{e}{\lambda} + R_{Convecció}$$

$$R_{Coberta} = \frac{0,05}{1,05} + \frac{0,1}{0,87} + 0,04 + 0,1 = 0,302 \frac{\text{m}^2 * \text{°C}}{\text{W}}$$

La transmitància tèrmica de la coberta és de:

$$U_{Coberta} = \frac{1}{R_{Coberta}} = \frac{1}{0,3025} = 3,305 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{°C}}$$

El resultat de resistència tèrmica del teulat actual és molt inferior a la que hauria de tenir segons el Codi Tècnic. Però com que serà una rehabilitació total de l'edifici es procedirà a refet el teulat des de

zero, fet que afavoreix la seva resistència tèrmica. És per aquest motiu que es calcularà el dimensionament de nou teulat.

### 5.7.2.1 Aïllament IBR

El model d'aïllant IBR de la marca Isover, són rotlles de llana, no hidròfil, revestit per una de les seves cares per un paper kraft que actua com a barrera contra el vapor. Aquest aïllament té una conductància tèrmica de  $0,04 \text{ W/m}^2\text{°C}$  [18], amb aquesta dada es procedirà a calcular l'espessor necessari d'aquest aïllament per tal de complir amb les especificacions.

$$e[m] = \lambda * (R_{Necessària} - R_{Coberta})$$

$$e [m] = 0,04 * (2,632 - 0,3025) = 0,093 \text{ m}$$

Segons l'espessor necessari d'aïllament obliga a agafar el model de model més gruixut, en concret de 120 mm, fet que complirà amb els requisits i encara més si es té en compte que sobre l'aïllant hi anirà una cobertura amb una placa de guix que encara n'augmentaria la resistència tèrmica.

La resistència tèrmica de la coberta és:

$$R_{Coberta} = 0,3025 + \frac{0,12}{0,04} = 3,3025 \frac{\text{m}^2 * \text{°C}}{\text{W}}$$

La transmitància tèrmica de la coberta és:

$$U_{Coberta} = \frac{1}{R_{Coberta}} = \frac{1}{3,30} = 0,3028 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * \text{°C}}$$

### 5.7.3. Aïllament de les particions interiors

El terra del segon pis està format per una capa de totxo de 10 cm recobert per una capa de formigó de 10 cm. Descries les característiques del terra es calcula la resistència tèrmica del mateix.

$$R = \sum \frac{e}{\lambda} + R_{Convecció}$$

$$R_{Terra} = \frac{0,1}{0,87} + \frac{0,1}{1,16} + 0,04 + 0,17 = 0,41 \frac{\text{m}^2 * \text{°C}}{\text{W}}$$

La transmitància tèrmica del terra és:

$$U_{Terres} = \frac{1}{R_{Terra}} = \frac{1}{0,41} = 2,432 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

#### 5.7.3.1. Aïllament panell Solano

Amb les característiques de l'aïllant descrites anteriorment, el qual té una conductivitat de 0,036 W/(m\*°C), i la conductivitat marcada a 1,2 W/m<sup>2</sup>\*°C, és calcularà l'espessor necessari d'aïllant.

$$e [m] = 0,036 * (0,833 - 0,411) = 0,0151 m$$

El model que s'ha escollit és de 20 mm.

#### 5.7.4. Aïllament dels terres en contacte amb el terreny

L'estructura que conforma el sòl de la planta baixa de l'edifici és d'uns 50 cm de formigó en contacte amb el terra i d'una capa de rajoles a la part més superior. Degut a que l'edifici es troba a tocar del riu Ter, s'instal·larà una capa impermeabilitzant per tal d'evitar les humitats.

El Codi Tècnic de l'Edificació marca que els tancaments en contacta amb el terreny, com és el cas, han de tenir una transmitància límit de 0,66 W/m<sup>2</sup>\*°C [12]. Per tal de complir amb les especificacions, es procedeix a calcular la resistència tèrmica del sòl, i si fos necessari, fer un estudi dels possibles aïllaments útils.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,66} = 1,515 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

Com s'ha descrit anteriorment, la conductivitat tèrmica que té el formigó és de 1,16 W/m\*°C, i amb l'espessor del mateix es pot calcular la resistència del sòl actual.

$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda} + R_{Convecció}$$

$$R_{Sòl} = 0,5 * \frac{1}{1,16} + 0,17 = 0,601 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

Amb aquestes dades es pot passar a fer el càlcul dels aïllaments necessaris.

La transmitància tèrmica del terra és:

$$U_{Terres} = \frac{1}{R_{Sòl}} = \frac{1}{0,601} = 1,66 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

#### 5.7.4.1. Aïllament per terra flotant i panell Solano

Alphatoit és una solució en terra flotant que dona la marca Isover, el qual va constituït per una capa de polietilè de 0,2 mm amb conductància tèrmica de 0,51 W/m\*°C [22], una capa de llana mineral de conductivitat 0,039 W/m\*°C [23], una nova capa de polietilè de 0,2 mm i recobrir, seguidament es procedirà cobrir-ho amb el panell Solano de 20 mm per tal d'instal·lar-hi el terra radiant. Can afegir que sobre els aïllaments hi anirà una capa de coma a mínim 4 cm.

Amb aquestes especificacions i recollint les dels apartats anteriors, es pot calcular el gruix de llana mineral que fa falta per complir amb el codi tècnic.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,66} = R_{sòl} + 2 * R_{Pol} + R_{LLana} + R_{Panell} \left[ \frac{m^2 * ^\circ C}{W} \right]$$

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,66} = 0,601 + 2 * \frac{0,0002}{0,51} + \frac{e}{0,039} + \frac{0,02}{0,036} \left[ \frac{m^2 * ^\circ C}{W} \right]$$

On l'espessor necessària de llana és de;

$$e = 0,039 * \left( \frac{1}{0,66} - 0,601 - 2 * \frac{0,0002}{0,51} - \frac{0,02}{0,036} \right) = 0,0139 \text{ m}$$

L'espessor necessari és de 13,95 mm. L'espessor mínim que proporciona el fabricant és de 40 mm. fet que fa complir amb els requeriments del CTE.

La resistència tèrmica del sòl és:

$$R_{Sòl} = 0,601 + 2 * \frac{0,0002}{0,51} + \frac{0,04}{0,039} + \frac{0,02}{0,036} = 2,18 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La transmitància tèrmica del sòl és:

$$U_{Sòl} = \frac{1}{R_{Sòl}} = \frac{1}{2,18} = 0,458 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

#### 5.7.4.2. Aïllament per terra amb panell solano

El model d'aïllant Panell solado, és un panell rígid d'alta densitat de llana de roca Isover, no hidròfil i sense revestiment [16]. Aquest model en concret s'ha triat pel fet que és ideal per a la instal·lació de terra radiant, com que aquest projecte està basat en energies renovables és probable la possible instal·lació d'aquesta tecnologia de climatització.

Segons el fabricant, el material té una conductància tèrmica de 0,036 W/(m\*°C), amb aquesta conductància s'aconsegueix dimensionar l'espessor necessari.

$$e [m] = 0,036 * (-0,497) = 0,012 m$$

El gruix que s'aproxima més per complir amb els requisits del Codi Tècnic és el de 20 mm, el qual és superior al requerit, fet que assegura un marge d'error en el dimensionament.

## 5.8. Hipòtesi aïllaments antic habitatge del propietari

L'antic habitatge del propietari serà destinat a ser un museu. Per aquest motiu es procedirà a calcular l'aïllament que necessiten els actuals edificis per tal de complir amb la normativa del Codi Tècnic de l'Edificació d'espais habitables. Aquesta construcció té protegit el seu volum.

### 5.8.1. Aïllament dels murs

Els murs dels habitatges són de totxo massís de 15 cm amb una conductivitat tèrmica de 0,87 W/m2\*°C, pedres poroses de 10 cm de gruix i conductivitat 2 W/m2\*°C i morter de calç com a compactador de 5 cm de gruix i conductivitat de 0,87 W/m2\*°C. Amb aquestes característiques i amb les dades que s'han obtingut anteriorment de la conductància dels materials, es procedeix a calcular la resistència actuals dels murs.

$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda} + R_{convecció}$$

$$R_{Mur} = \frac{0,15}{0,87} + \frac{0,1}{2} + \frac{0,05}{0,87} + 0,04 + 0,13 = 0,4498 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La resistència mínima que han de tenir els mur en contacte amb l'exterior, marcada pel Codi Tècnic de l'Edificació, ha de ser de 1,515 m2\*K/W.

La transmitància tèrmica dels murs és:

$$U_{Mur} = \frac{1}{R_{Mur}} = \frac{1}{0,4498} = 3,57 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

#### 5.8.1.1. Aïllament Ecovent VN 035

Gràcies al fet de no tenir una façana protegida, s'ha triat la solució d'aïllament existent per a l'edifici. En concret s'ha triat l'aïllant de la marca Isover model Ecovent VN 035 el qual, segons els fabricant, té una conductància de 0,035 W/m\*°C [19].

$$e[m] = \lambda * (R_{Necessària} - R_{Mur})$$

$$e [m] = 0,035 * (1,515 - 0,4498) = 0,0373 m$$

Amb aquest espessor s'escollirà l'aïllant amb el gruix de 40 mm, fet que millora la resistència tèrmica.

La resistència tèrmica del mur amb aïllament serà:

$$R_{Mur} = 0,4498 + \frac{0,04}{0,035} = 1,59 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La transmitància tèrmica del mur és:

$$U_{Mur} = \frac{1}{R_{Mur}} = \frac{1}{1,59} = 0,628 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

### 5.8.2. Aïllament del terra en contacte amb el terreny

L'estructura que conforma el sòl de la planta baixa de l'edifici és d'uns 50 cm de formigó en contacte amb el terra i d'una capa de rajoles a la part més superior. Degut a que l'edifici es troba a tocar del riu Ter, s'instal·larà una capa impermeabilitzant per tal d'evitar les humitats.

El Codi Tècnic de l'Edificació marca que els tancaments en contacte amb el terreny, com és el cas, han de tenir una transmitància límit de  $0,49 W/m^2 * ^\circ C$  [12]. Per tal de complir amb les especificacions, es procedeix a calcular la resistència tèrmica del sòl, i si fos necessari, fer un estudi dels possibles aïllaments útils.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,49} = 2,0408 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

Com s'ha descrit anteriorment, la conductivitat tèrmica que té el formigó és de  $1,16 W/m * ^\circ C$ , i amb l'espessor del mateix es pot calcular la resistència del sòl actual.

$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda} + R_{Convecció}$$

$$R_{Sòl} = 0,5 * \frac{1}{1,16} + 0,17 = 0,601 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

Amb aquestes dades es pot passar a fer el càlcul dels aïllaments necessaris.

La transmitància tèrmica del terra és:



$$U_{Terres} = \frac{1}{R_{Sòl}} = \frac{1}{0,601} = 1,66 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

### 5.8.2.1. Aïllament per terra flotant i panell Solano

Alphatoit és una solució en terra flotant que dona la marca Isover, el qual va constituït per una capa de polietilè de 0,2 mm amb conductància tèrmica de 0,51 W/m\*°C [22], una capa de llana mineral de conductivitat 0,039 W/m\*°C [23], una nova capa de polietilè de 0,2 mm i recobrir, seguidament es procedirà cobrir-ho amb el panell Solano de 20 mm per tal d'instal·lar-hi el terra radiant. Can afegir que sobre els aïllaments hi anirà una capa de coma a mínim 4 cm.

Amb aquestes especificacions i recollint les dels apartats anteriors, es pot calcular el gruix de llana mineral que fa falta per complir amb el Codi Tècnic.

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,49} = R_{Sòl} + 2 * R_{Poli} + R_{LLana} + R_{Panell} \left[ \frac{m^2 * ^\circ C}{W} \right]$$

$$R_{Necessària} = \frac{1}{0,49} = 0,601 + 2 * \frac{0,0002}{0,51} + \frac{e}{0,039} + \frac{0,02}{0,036} \left[ \frac{m^2 * ^\circ C}{W} \right]$$

On l'espessor necessària de llana és de;

$$e = 0,039 * \left( \frac{1}{0,49} - 0,601 - 2 * \frac{0,0002}{0,51} - \frac{0,02}{0,036} \right) = 0,03445 m$$

L'espessor necessari és de 34,45 mm. L'espessor mínim que proporciona el fabricant és de 40 mm. fet que fa complir amb els requeriments del CTE.

La resistència tèrmica del sòl és:

$$R_{Sòl} = 0,601 + 2 * \frac{0,0002}{0,51} + \frac{0,04}{0,039} + \frac{0,02}{0,036} = 2,183 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

La transmitància tèrmica del sòl és:

$$U_{Sòl} = \frac{1}{R_{Sòl}} = \frac{1}{2,183} = 0,458 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

### 5.8.3. Aïllament del terra del primer pis

El terra del primer pis està format per una volta de totxo massís de 10 cm recoberta de formigó de gruix de 10 cm. Per aquest fet la resistència tèrmica estarà formada per les dues característiques dels materials descrits anteriorment.

$$R = \sum \frac{e}{\lambda} + R_{\text{Convecció}}$$

$$R_{\text{Terra 2}} = \frac{0,1}{0,87} + \frac{0,1}{1,16} + 0,04 + 0,17 = 0,411 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Que tindrà una transmitància tèrmica de:

$$U_{\text{Terra 2}} = \frac{1}{0,411} = 2,432 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

#### 5.8.3.1. Aïllament panell Solano

L'aïllant escollit, perfecte per la climatització per terra radiant, és un panell d'alta densitat de llana de roca Isover, no hidròfil, sense revestiment [16]. Segons el fabricant, el material té una conductància tèrmica de 0,036 W/(m·°C), amb aquesta conductància s'aconsegueix dimensionar l'espessor necessari.

$$e \text{ [m]} = 0,036 \cdot (0,833 - 0,411) = 0,015 \text{ m}$$

L'espessor proporcionat per el distribuïdor que és superior al requerit és el de 20 mm.

### 5.8.4. Aïllament dels cobertes

La coberta de l'edifici es troba en contacte directe amb l'aire exterior, ha de complir amb les especificacions tècniques que marca el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), descrites anteriorment amb un valor de transmitància tèrmica límit de 0,38 W/m<sup>2</sup>·K.

$$R_{\text{Necessària}} = \frac{1}{0,38} = 2,632 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

L'edifici té coberta a dues aigües, a excepció del cos on s'hi ubica l'escala, que sobresurt en forma de torre i té coberta a quatre aigües. Totes amb teula ceràmica àrab.

La composició del mateix és d'una capa de rajoles de 5 cm de gruix on a sobre hi van 10 cm de morter de calç, amb una transmitància tèrmica de 0,87 W/m<sup>2</sup>·K, i sobre hi van col·locades les teules.

$$R = \Sigma \frac{e}{\lambda} + R_{\text{Convecció}}$$

$$R_{\text{Coberta}} = \frac{0,05}{1,05} + \frac{0,1}{0,87} + 0,04 + 0,1 = 0,3025 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

La transmitància tèrmica de la coberta és de:

$$U_{\text{Coberta}} = \frac{1}{R_{\text{Coberta}}} = \frac{1}{0,3025} = 3,305 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

#### 5.8.4.1. Aïllament IBR

El model d'aïllant IBR de la marca Isover, són rotlles de llana, no hidròfil, revestit per una de les seves cares per un paper kraft que actua com a barrera contra el vapor. Aquest aïllament té una conductància tèrmica de 0,04 W/m\*°C [18], amb aquesta dada es procedirà a calcular l'espessor necessari d'aquest aïllament per tal de complir amb les especificacions.

$$e[m] = \lambda * (R_{\text{Necessària}} - R_{\text{Coberta}})$$

$$e [m] = 0,04 * (2,632 - 0,3025) = 0,09317 \text{ m}$$

Segons l'espessor necessari d'aïllament obliga a agafar el model de model més gruixut, en concret de 120 mm, fet que compliria amb els requisits i encara més si es té en compte que sobre l'aïllant hi anirà una cobertura amb una placa de guix que encara n'augmentaria la resistència tèrmica.

La resistència tèrmica de la coberta és:

$$R_{\text{Coberta}} = 0,3025 + \frac{0,12}{0,04} = 3,3025 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

La transmitància tèrmica de la coberta és:

$$U_{\text{Coberta}} = \frac{1}{R_{\text{Coberta}}} = \frac{1}{3,3025} = 0,3028 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

## 5.9. Hipòtesi aïllaments antic magatzem

Aquest antic magatzem de la fàbrica, està pensat que s'haurà de rehabilitar per tal d'encabir a l'espai de l'edifici existent uns locals per comerços o petits negocis, els quals pagarien un lloguer. Per aquest motiu es procedirà a calcular l'aïllament que necessiten els actuals edificis per tal de complir amb la

normativa del Codi Tècnic de l'Edificació d'espais habitables. Aquesta edificació no es troba en cap tipus de protecció, per tant es podran fer les remodelacions necessàries, però pel fet d'estar construïda amb la mateixa tipologia que l'antic habitatge de l'amo s'agafaran les mateixes característiques d'aïllament.

## 6. Superfícies dels edificis

### 6.1. Superfícies de la nau principal

LA nau principal del conjunt de la colònia tèxtil ha estat dividida en tres espais, denominats 1-A, 1-B i 1-C. Segons la seves característiques constructives s'han pogut definir les diverses superfícies que recobreixen els diferents espais. la divisió dels espais ve determinada per la següent figura.

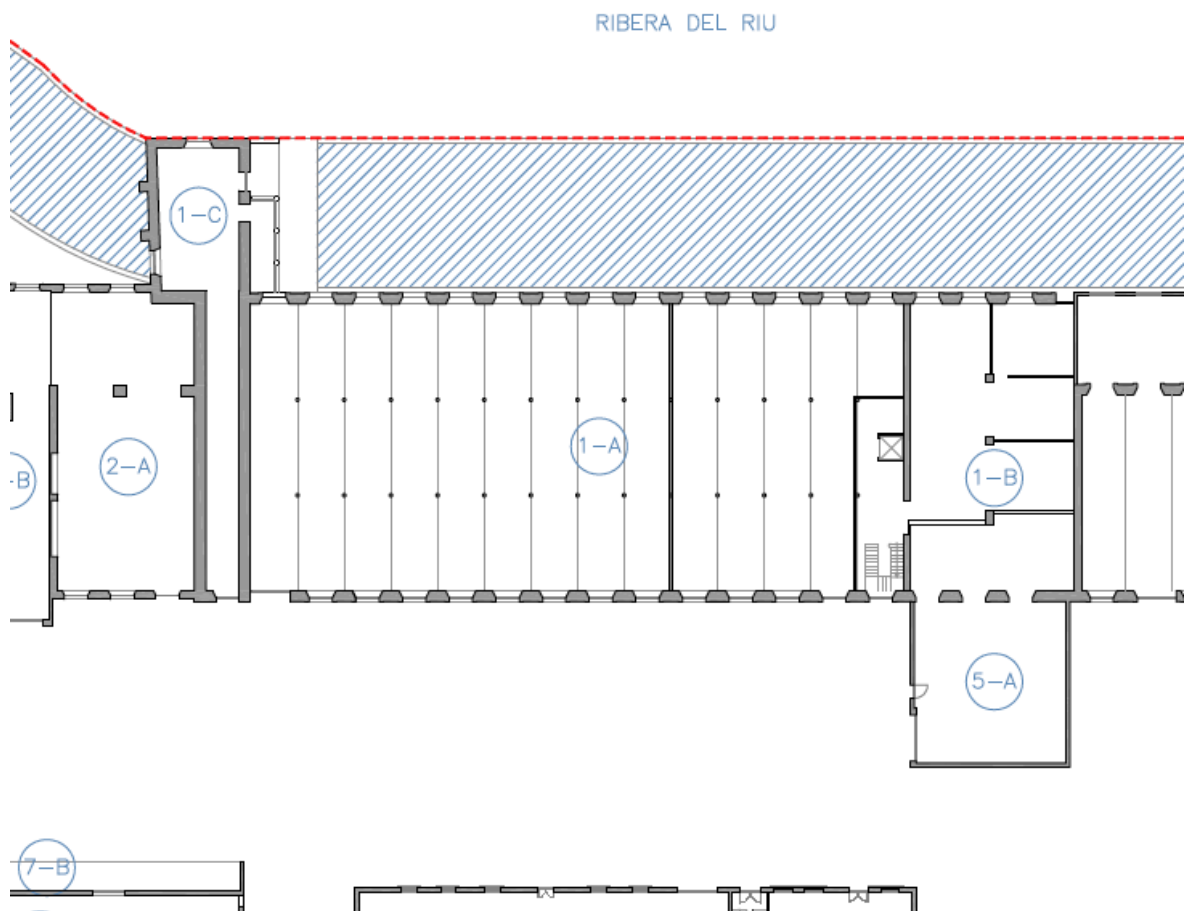


Figura 6.1.1 Esquema de les particions de la nau principal del conjunt [20].

#### 6.1.1. Superfície dels murs

Les superfícies que delimiten els diversos espais per les seves cares verticals, s'han classificar en funció de la seva orientació, i si es troben en contacte directe amb l'exterior o bé amb un altre edifici. S'han tingut en compte les superfícies dels denominats forats, els quals representen les obertures de les parets per conformar finestres o portes. La següent taula mostra el resum de superfícies.

**Taula 6.1.1.1.** Resum de les superfícies de les parets de la nau principal(Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfícies murs nau principal				
Edifici	Orientació	Descripció	Àries obertures [m <sup>2</sup> ]	Àrea façana [m <sup>2</sup> ]
1-A	Est	C. Exterior	154,8	405,9
1-A	Oest	C. Exterior	146,2	414,5
1-A	Nord	C. Exterior	1,1	156,5
1-A	Nord	C. Edifici	0,0	124,2
1-A	Sud	C. Edifici	0,0	281,8
1-B	Est	C. Exterior	15,7	51,1
1-B	Sud	C. Edifici	0,0	106,7
1-B	Oest	C. Exterior	15,7	51,1
1-B	Nord	C. Edifici	0,0	106,7
1-C	Nord	C. Edifici	0,0	275,0
1-C	Sud	C. Exterior	32,7	125,0
1-C	Sud	C. Edifici	0,0	132,4
1-C	Est	C. Exterior	12,7	34,4
1-C	Oest	C. Exterior	10,4	36,6

### 6.1.2. Superfícies dels sòls

L'edifici té diversos nivells segons cada volum, el principal compta de 3 divisions horitzontals, metres de la 1-B és de sòl únic i la 1-C en té dos. Les seves dimensions venen descrites a continuació.

**Taula 6.1.2.1.** Resum de les superfícies dels sòls de la nau principal(Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície sòls nau principal		
Edifici	Planta	Superfície [m <sup>2</sup> ]
1-A	BAIX	1.092,00
1-A	PRIMERA	1.092,00
1-A	SEGONA	51,00
1-C	BAIX	162,00
1-C	PRIMERA	86,00

### 6.1.3. Superfície de la coberta

Les cobertes que cobreixen la nau principal venen resumides per la següent taula.

**Taula 6.1.3.1.** Resum de les superfícies de les cobertes de la nau principal (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície coberta nau principal	
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]
1-A	1.149,3
1-B	289,1
1-C	180,0

## 6.2. Superfícies dels humidificadors

La nau que ve a continuació de la nau principal del recinte, són els antics humidificadors. Aquests espai ve dividit en dos espais, 3-A i 3-B compostats amb les següents dimensions. La descripció dels espais dels humidificadors ve descrit per la següent figura.

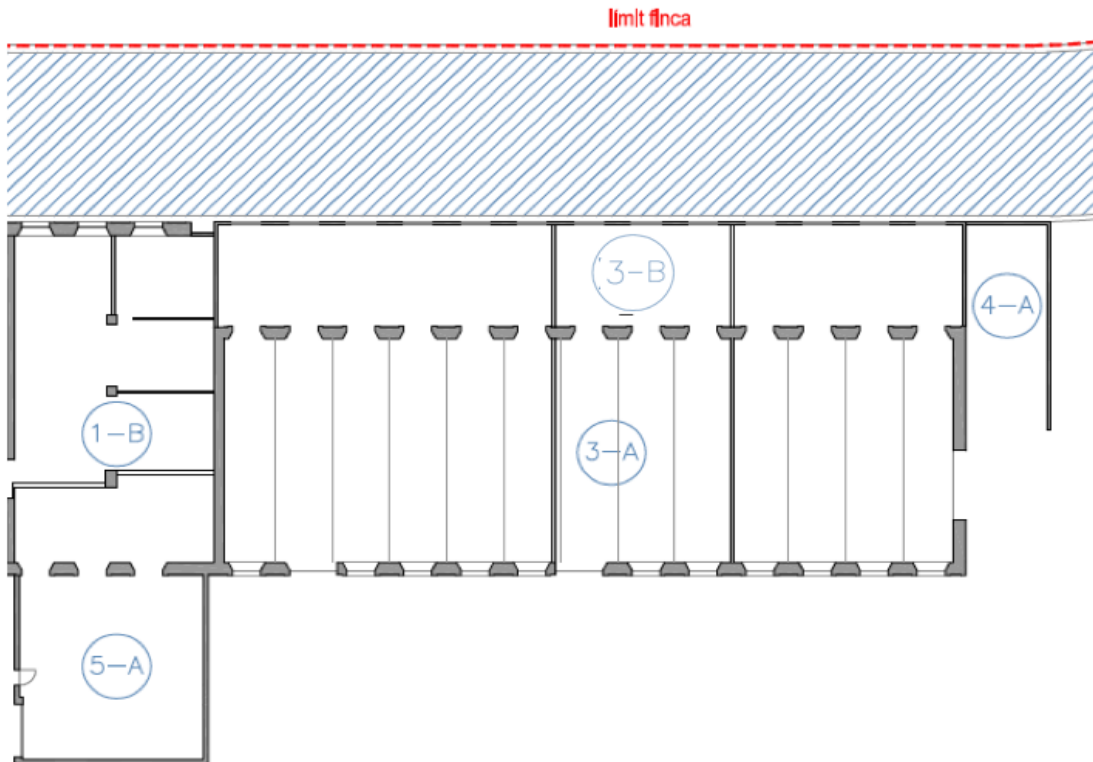


Figura 6.2.1 Esquema de les particions de la nau principal del conjunt [20].

### 6.2.1. Superfície dels murs

Les superfícies que delimiten els diversos espais per les seves cares verticals, s'han classificat en funció de la seva orientació, i si es troben en contacte directe amb l'exterior o bé amb un altre edifici. S'han tingut en compte les superfícies dels denominats forats, els quals representen les obertures de les parets per conformar finestres o portes. La següent taula mostra el resum de superfícies.



**Taula 6.2.1.1.** Resum de les superfícies de les parets dels humidificadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfícies murs humidificadors				
Edifici	Orientació	Descripció	Àries obertures [m <sup>2</sup> ]	Àrea façana [m <sup>2</sup> ]
3-A	Est	C. Exterior	87,6	174,7
3-B	Oest	C. Exterior	78,3	184,0
3-A	Nord	C. Exterior	28,6	119,0
3-A	Sud	C. Edifici	0,0	147,6

## 6.2.2. Superfície dels sòls

Les diverses superfícies dels sòls que conformen els humidificadors, els quals tenen un sol nivell, són les següents.

**Taula 6.2.2.1.** Resum de les superfícies dels sòls dels humidificadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície sòl humidificadors	
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]
3-A	714,2
3-B	314,6

## 6.2.3. Superfície de la coberta

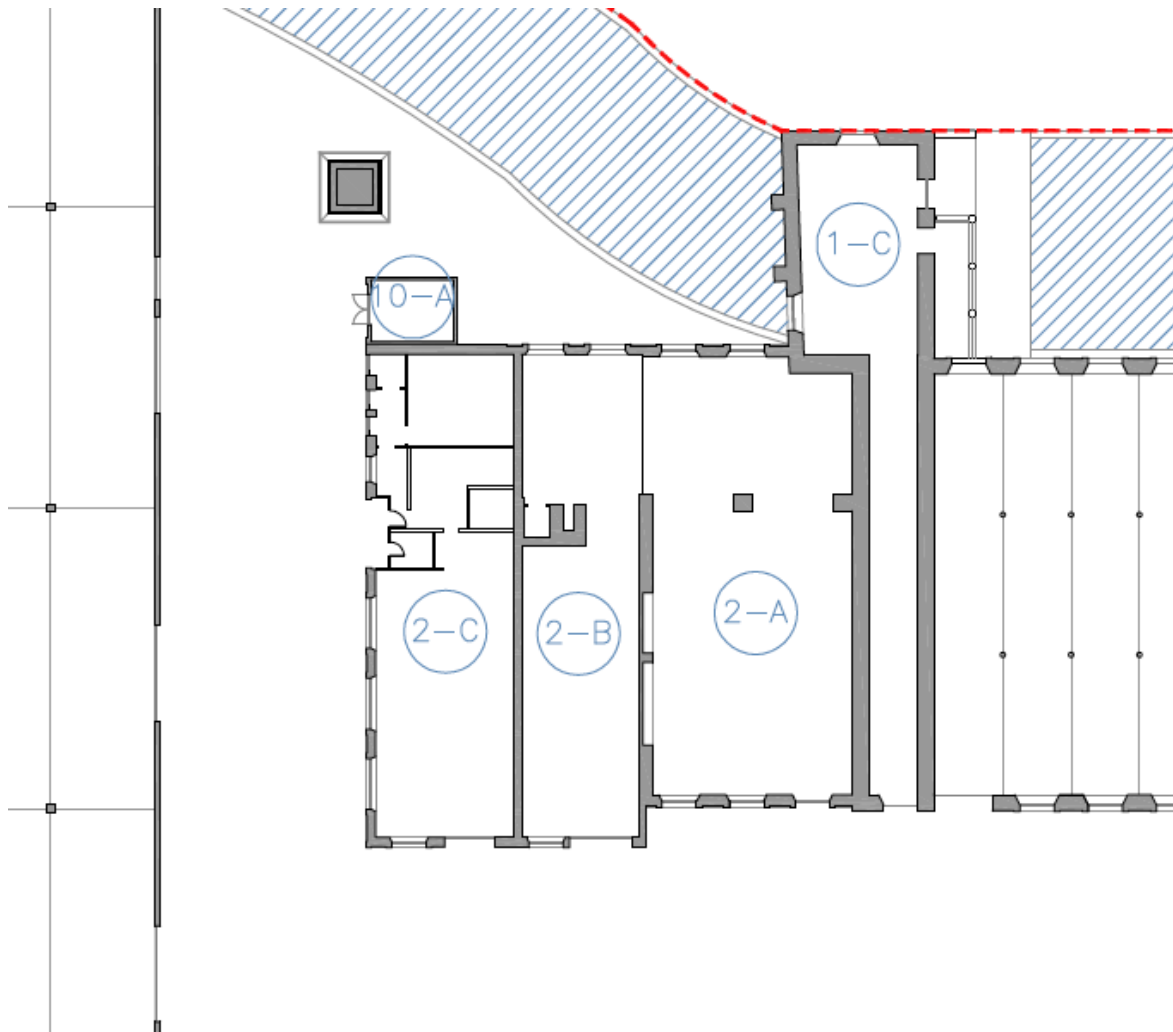
Les dues tipologies de cobertes que actualment conformen la coberta dels humidificadors, comprenen les superfícies descrites a la següent taula.

**Taula 6.2.3.1.** Resum de les superfícies de les cobertes dels humidificadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície coberta humidificadors	
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]
3-A	852,8
3-B	407,1

### 6.3. Superfícies dels batans

Els batans els quals estan situats a la continuació de la nau principal per la seva cara sud. Aquests estan conformats per 3 espais, els quals venen denominats com a 2-A, 2-B i 2-C. Les diverses superfícies que recobreixen els diversos espais venen descrites a continuació.



**Figura 6.3.1** Esquema de les particions de la nau principal del conjunt [20].

### 6.3.1. Superfície dels murs

**Taula 6.3.1.1.** Resum de les superfícies de les parets dels humidificadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfícies murs batans				
Edifici	Orientació	Descripció	Àries obertures [m <sup>2</sup> ]	Àrea façana [m <sup>2</sup> ]
2-A	Sud	C. Edifici	0,0	135,2
2-A	Nord	C. Edifici	0,0	132,4
2-A	Est	C. Exterior	19,7	55,4
2-A	Est	C. Edifici	0,0	46,0
2-A	Oest	C. Exterior	20,9	78,2
2-B	Est	C. Exterior	19,2	26,8
2-B	Oest	C. Edifici	0,0	46,0
2-B	Sud	C. Edifici	0,0	99,3
2-B	Nord	C. Edifici	0,0	99,3
2-B	Nord	C. Exterior	0,0	13,5
2-C	Est	C. Exterior	17,9	15,7
2-C	Oest	C. Exterior	0,0	33,5
2-C	Nord	C. Edifici	0,0	99,3
2-C	Sud	C. Exterior	37,2	62,1

### 6.3.2. Superfície dels sòls

Els terres que conformen les diverses naus dels batans són de planta baixa i les superfícies que ocupen aquest sòls venen descrites a la taula següent.

**Taula 6.3.2.1.** Resum de les superfícies dels sòls dels humidificadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície sòl batans		
Edifici	Planta	Superfície [m <sup>2</sup> ]
2-A	BAIX	241,0
2-B	BAIX	161,0
2-C	BAIX	189,0

### 6.3.3. Superfície de la coberta

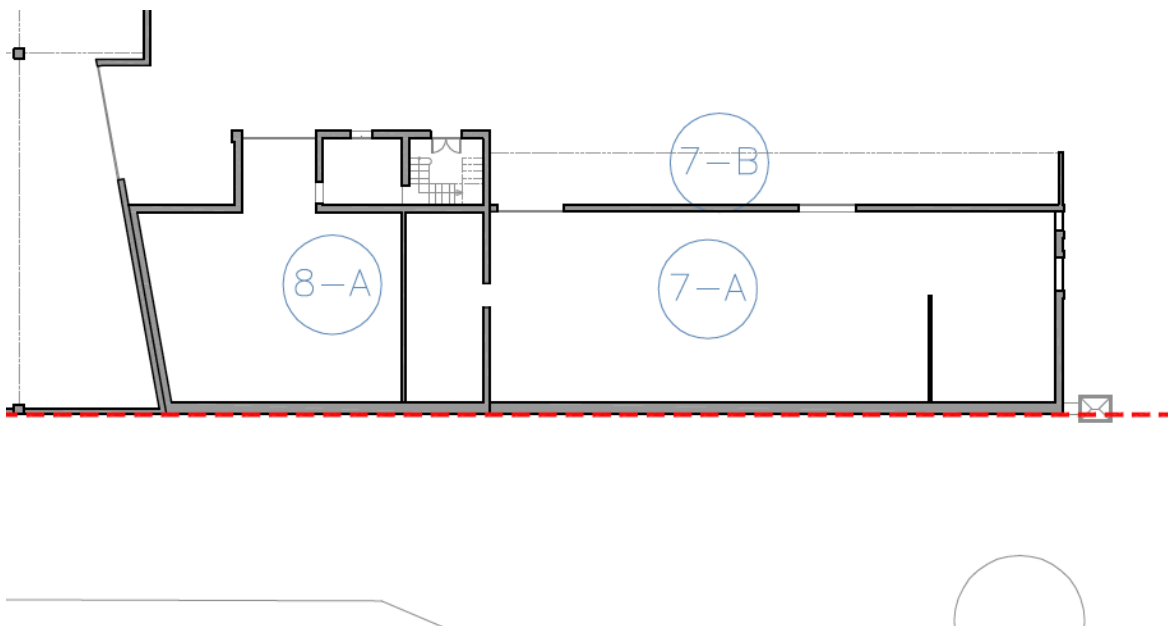
Les diverses cobertes a dues aigües que conformen les tres naus comprenen les següents superfícies.

**Taula 6.3.3.1.** Resum de les superfícies de les cobertes dels humidificadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície coberta batans	
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]
2-A	122,5
2-B	158,6
2-C	267,2

### 6.4. Superfícies de l'antic habitatge de l'amo

A l'antic habitatge de l'amo es farà una reforma de rehabilitació per tal de transformar-la en un museu, espai anomenat 8-A. L'espai denominat 7-A era un antic magatzem, espai que s'habilitarà per a la cabuda de possibles establiments i negocis. El porxo 7-B, que hi ha actualment no es té previst conservar-lo.



**Figura 6.4.1** Esquema de les particions de l'antic habitatge de l'amo [20].

### 6.4.1. Superfície dels murs

Com que actualment encara no s'han definit els usos dels espais, i més concretament l'espai 7-A, s'ha fet una estimació de les possibles obertures en els murs per a l'adequació dels espais als seus futurs usos. Les estimacions fetes venen presentades a la següent taula.

**Taula 6.4.1.1.** Resum de les superfícies de les parets de l'habitatge de l'amo (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfícies murs habitatge de l'amo				
Edifici	Orientació	Descripció	Àries obertures [m <sup>2</sup> ]	Àrea façana [m <sup>2</sup> ]
8-A	Est	C. Ext	10,67	119,03
8-A	Oest	C. Ext	21,39	109,60
8-A	Nord	C. Ext	2,12	57,88
8-A	Sud	C. Ext	3,76	24,78
7-A	Nord	C. Ext	17,00	43,00
7-A	Est	C. Ext	35,00	52,90
7-A	Oest	C. Ext	35,00	52,90

### 6.4.2. Superfície dels terres

**Taula 6.4.2.1.** Resum de les superfícies dels sòls de l'habitatge de l'amo (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície sòl habitatge amo		
Edifici	Planta	Superfície [m <sup>2</sup> ]
8-A	BAIX	157,00
8-A	PRIMERA	157,00
7-A	BAIX	125,79

### 6.4.3. Superfície de la coberta

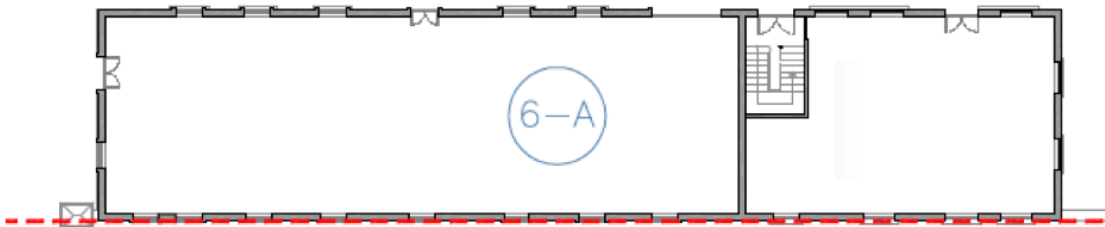
Les cobertes de l'antic habitatge de l'amo són complexes i de diversos nivells, incloent-hi una terrassa. Les superfícies venen descrites a la següent taula.

**Taula 6.4.3.1.** Resum de les superfícies de les cobertes de l'habitatge de l'amo (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície coberta habitatge amo	
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]
8-A	141,41
7-A	138,88

### 6.5. Superfícies dels antics habitatges dels treballadors

Els volums dels antics habitatges estan repartits en el volum 6-A, segons descriu la figura següent.



**Figura 6.5.1** Esquema de les particions dels antics habitatges dels treballadors [20].

#### 6.5.1. Superfície dels murs

Les diverses superfícies verticals que recobreixen el volum 6-A venen descrites segons la següent taula, on també hi venen incloses les àries dels forats dels murs.

**Taula 6.5.1.1.** Resum de les superfícies de les parets dels antics habitatges dels treballadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfícies murs antics habitatges				
Edifici	Orientació	Descripció	Àries obertures [m <sup>2</sup> ]	Àrea façana [m <sup>2</sup> ]
6-A	Est	C. Ext.	32,4	234,1
6-A	Oest	C. Ext.	70,6	195,9
6-A	Nord	C. Ext.	8,6	70,4
6-A	Sud	C. Ext.	12,2	59,6

### 6.5.2. Superfície del terres

Els antics habitatges dels treballadors eren uns habitatges de dos nivells, baix i primera planta. Les superfícies que comprenen els diversos models i nivells venen descrites a la següent taula.

**Taula 6.5.2.1.** Resum de les superfícies dels sòls dels antics habitatges dels treballadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície sòl habitatges		
Edifici	Planta	Superfície [m <sup>2</sup> ]
6-A	BAIX	369,0
6-A	PRIMERA	369,0

### 6.5.3. Superfície de la coberta

Les coberta del conjunt dels antics habitatges dels treballadors, és una coberta a dues aigües que comprèn les següents superfícies.

**Taula 6.5.3.1.** Resum de les superfícies de les cobertes dels antics habitatges dels treballadors (Font pròpia referenciada amb els plànols de Cal Escolà [4]).

Superfície coberta habitatges	
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]
6-A	393,9





## 7. Tancaments dels edificis

Actualment tots els edificis tenen uns tancaments amb vidre senzill amb una transmitància tèrmica de  $5,7 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  que combinat amb el percentatge corresponent de marc de fusta de transmitància  $4,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  segons la web de Castilla la Mancha [25]. Amb aquestes característiques es pot calcular el percentatge de vidre de cada obertura.

**Taula 7.1.** Característiques de transmitància de les obertures.

Transmitàncies obertures			
	Àrea [ $\text{m}^2$ ]	%	U [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]
Obertura	5,2	100	-
Vidre	3,5	0,67	5,7
Marc de fusta	1,7	0,32	4,5

Amb les dades descrites a la taula anterior es pot extreure la transmitància tèrmica de les obertures actuals.

$$U_{\text{obertura}} = 5,7 * 0,67 + 4,5 * 0,32 = 5,259 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

A la transmitància cal sumar-li la resistència per convecció.

$$R_{\text{obertura}} = \frac{1}{U_{\text{obertura}}} = 0,19 \frac{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{Total}} = R_{\text{obertura}} + R_{\text{convecció}} = 0,19 + 0,04 + 0,13 = 0,36 \frac{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$U_{\text{Total}} = 2,7766 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

La transmitància de les obertures pot ser considerada  $2,7766 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ , degut a les proporcions dels materials que les conformen.

En l'estudi de les àries realitzat a l'enunciat anterior, s'han tingut en compte les superfícies dels denominats forats, els quals representen les obertures de les parets per conformar finestres o portes. Aquesta referència és molt important per fet de determinar la transmitància màxima admesa per el Codi Tècnic de l'Edificació [11].

La fórmula genèrica de càlcul de transmitància tèrmica límit per als forats dels murs, es fa calculant la superfície total de la façana i la de les obertures per tal de saber el percentatge que representen aquestes. Un cop obtingut el percentatge pertinent, es pot consultar a la taula següent, extret del CTE per a la localització del conjunt D1 [11].

**Taula 7.1.** Taula de transmitàncies límit en funció de l'orientació i el percentatge d'obertures [11].

Transmitància Límit [W/ m <sup>2</sup> *K]				
% d'obertures	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO
0-10	3,5	3,5	3,5	3,5
11-20	3	3,5	3,5	3,5
21-30	2,5	2,9	3,5	3,5
31-40	2,2	2,6	3,4	3,4
41-50	2,1	2,5	3,2	3,2
51-60	1,9	2,3	3	3

## 7.1. Característiques de les obertures de la nau principal

**Taula 7.1.1.** Taula de resultats de transmitància màximes nau principal.

Transmitàncies límit nau principal			
Edifici	Orientació	% Obertures	U [W/ m <sup>2</sup> *K]
1-A	Est	27,6	2,9
1-A	Oest	26,1	2,9
1-A	Nord	0,7	2,5
1-B	Est	23,5	2,9
1-B	Oest	23,5	2,9
1-C	Sud	20,7	3,5
1-C	Est	27,0	2,9
1-C	Oest	22,2	2,9

Es pot veure com a la majoria dels casos la transmitància màxima es troba entre els valors de 3,5 i 2,5  $\text{W/m}^2\text{K}$ , per tal de poder fer una millor eficiència energètica, s'agafarà el valor més restrictiu.

## 7.2. Característiques de les obertures dels humidificadors

**Taula 7.2.1.** Taula de resultats de transmitància màximes humidificadors.

Transmitàncies límit humidificadors			
Edifici	Orientació	% Obertures	U [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
3-A	Est	12,7	3,5
3-B	Oest	11,4	3,5
3-A	Nord	13,1	3,0
3-A	Sud	0,0	3,5

## 7.3. Característiques de les obertures dels batans

**Taula 7.3.1.** Taula de resultats de transmitància màximes dels batans.

Transmitàncies límit batans			
Edifici	Orientació	% Obertures	U [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
2-A	Est	26,2	2,9
2-A	Oest	21,1	2,9
2-B	Est	41,8	2,5
2-B	Nord	0,0	3,5
2-C	Est	53,3	2,3
2-C	Oest	0,0	3,5
2-C	Sud	37,4	3,4

## 7.4. Característiques de les obertures de l'habitatge propietari

**Taula 7.4.1.** Taula de resultats de transmitància màximes de l'habitatge del l'amo.

Transmitàncies límit habitatge de l'amo			
Edifici	Orientació	% Obertures	U [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
8-A	Est	8,2	3,5
8-A	Oest	16,3	3,5
8-A	Nord	0,0	3,5

Transmitàncies límit habitatge de l'amo			
Edifici	Orientació	% Obertures	U [W/m <sup>2</sup> *K]
8-A	Sud	3,5	3,5
7-A	Nord	0,0	3,5
7-A	Est	13,2	3,5
7-A	Oest	28,3	2,9

## 7.5. Característiques de les obertures dels antics habitatges

**Taula 7.5.1.** Taula de resultats de transmitància màximes dels antics habitatges.

Transmitàncies límit antics habitatges			
Edifici	Orientació	% Obertures	U [W/m <sup>2</sup> *K]
6-A	Est	12,2	3,5
6-A	Oest	26,5	2,9
6-A	Nord	10,9	3,0
6-A	Sud	17,0	3,5

Un cop trobats els valors de transmitància límit, es podrà fer una valoració sobre si s'ha de seguir per a cada edifici un criteri diferent de gruix dels vidres i diferents tècniques de tancament. Aquest aspecte s'ha de tenir en compte per tal d'afavorir la instal·lació dels mateixos i un descompte a l'hora d'entregar-los. Segons les dades extretes del document "Cálculo de la transmitancia del hueco para sustitución de ventanas" de la pàgina web de Castilla la Mancha [25], els tancaments a partir dels quals compliran amb les transmitància tèrmica de 2,5, la menor, són les finestres amb vidre aïllant doble de baixa emissivitat (4-8-4), les quals tenen una transmitància de 2,1 W/m<sup>2</sup>\*°C. La transmitància tèrmica total es calcula aplicant les resistències de convecció corresponents.

$$U_{obertura} = 2,1 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

A la transmitància cal sumar-li la resistència per convecció.

$$R_{obertura} = \frac{1}{U_{obertura}} = 0,476 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

$$R_{Total} = R_{obertura} + R_{convecció} = 0,476 + 0,04 + 0,13 = 0,646 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

$$U_{Total} = 1,547 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$



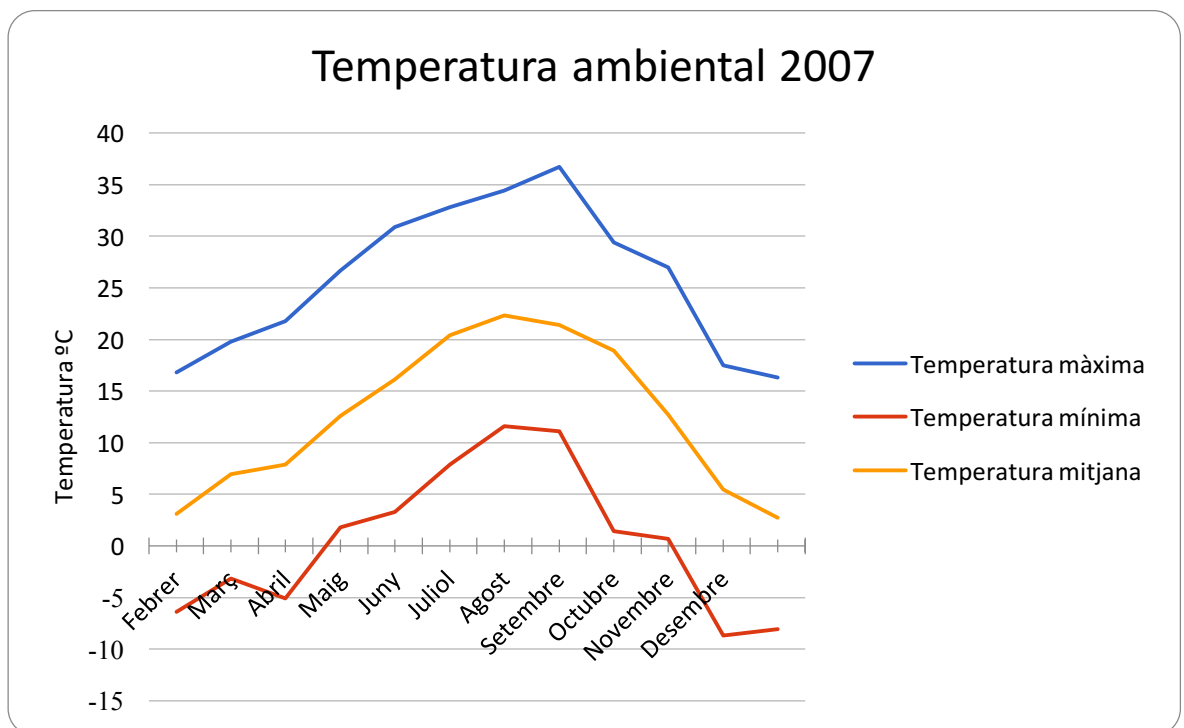
## 8. Característiques ambientals de la localització

### 8.1. Característiques climatològiques de temperatura i humitat

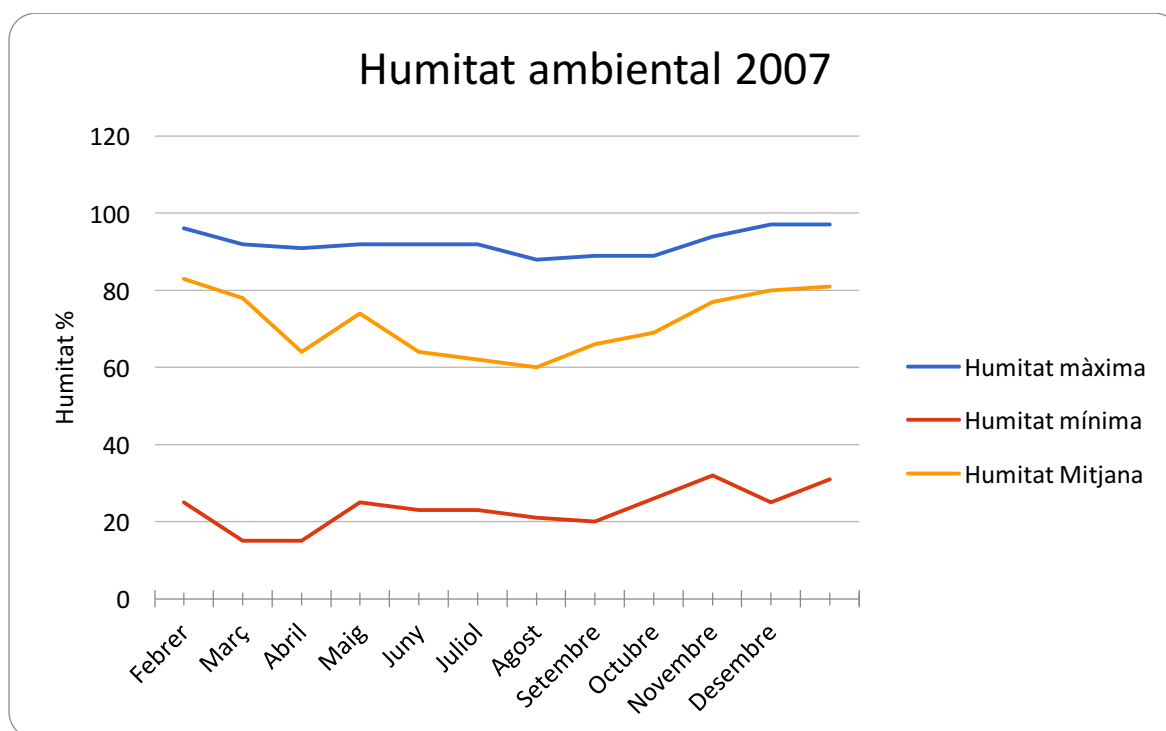
Per extreure les condicions climatològiques de l'espai on es troba Ca l'Escolà, s'han utilitzat les dades de temperatura de la pàgina web de Infomet [1], en concret les temperatures de l'estació meteorològica localitzada a la població de la Gleva, degut a que és la població més propera a l'edificació. Les dades han estat contrastades amb informació facilitada al Servei Meteorològic de Catalunya.

Per poder tenir les condicions més crítiques i contrastades, s'han extret les temperatures de màxims i mínims històrics des de l'any 1950 fins a l'actualitat, de la pàgina web del Meteocat [2]. En concret de la localitat més propera a la zona, en concret de l'estació de Vic, que es troba a menys de 10 quilòmetres de la colònia.

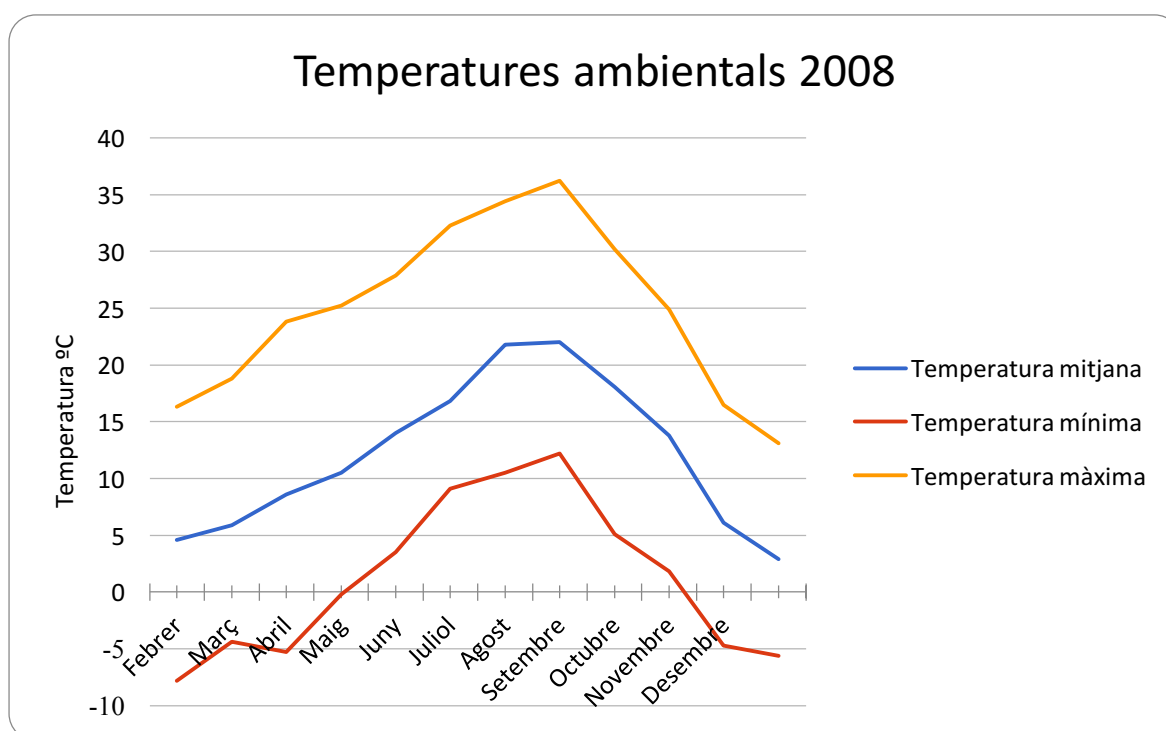
En primer lloc es presenten les temperatures màximes de la localització, extretes de la pàgina web de Infomet, en concret dels anys 2007 i 2008.



**Figura 8.1.1** Dades de temperatura ambiental de l'any 2007 (Font: Infomet[1] )

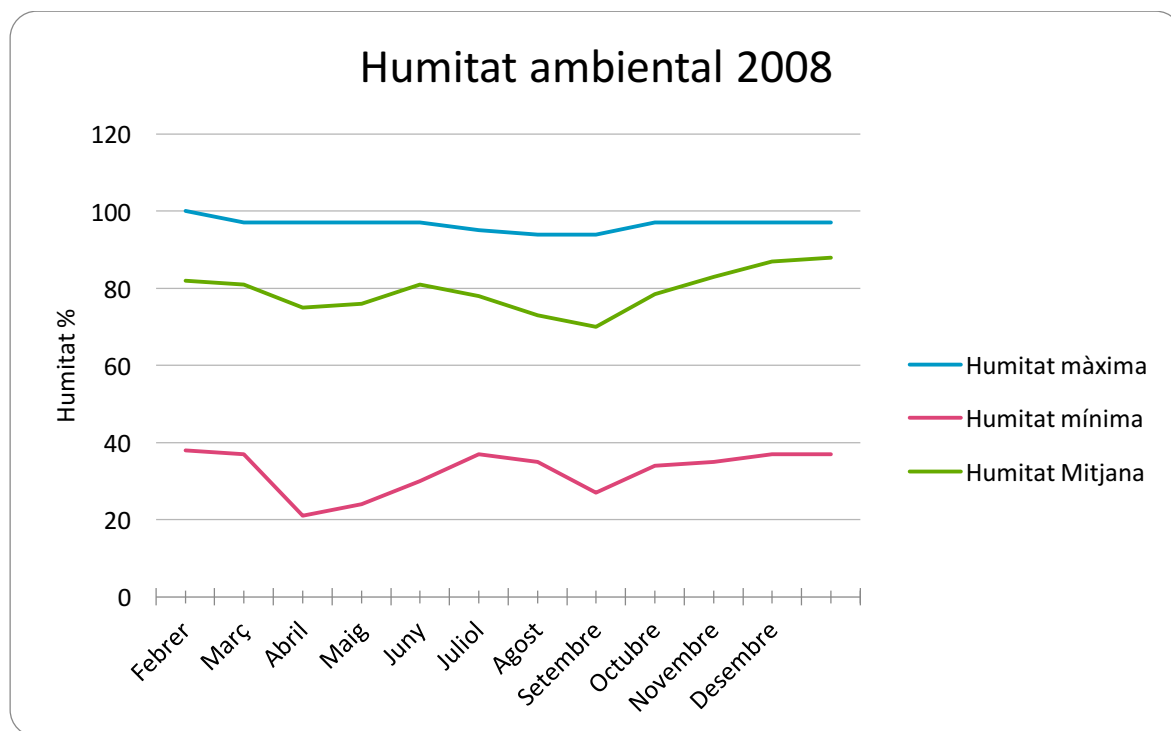


**Figura 8.1.2** Dades d'humitat ambiental de l'any 2007 (Font: Infomet[1] )



**Figura 8.1.3** Dades de temperatura ambiental de l'any 2008 (Font: Infomet[1] )





**Figura 8.1.4** Dades d'humitat ambiental de l'any 2008 (Font: Infomet[1])

Com s'ha comentat anteriorment, les dades s'ha contrastat amb les de l'estació meteorològica de Vic. S'han acabat triant les dades obtingudes per Infomet, que tenen les temperatures més acurades i extremes, ja que per poder fer un bon dimensionament, s'ha d'aconseguir les condicions més extremes.

Entre els valors obtinguts per les dues fonts, hi ha poca diferència, determinant així que les dades són versemblants.

Un cop fet aquest anàlisi s'han obtingut els següents valors extrems:

**Taula 8.1.1** Resum de dades ambientals dels anys 2007 i 2008 [Font: Infomet[1]]

Condicions extremes			
Temp. màx. [°C]	Temp. mín. [°C]	Humitat màx. [%]	Humitat mín. [%]
36,7	-8,7	100	15

### 8.1.1. Temperatura de rosada

Els dies on la temperatura és extrema per calor, és quan entra en joc el sistema de climatització per tal de refrigerar l'ambient. Aquest fet fa que el sistema, seguint les regles de la termodinàmica, hagi de tenir una temperatura baixa per tal d'extreure la calor que hi ha a l'espai. Això comporta que segons els sistemes que s'utilitzi i la temperatura a la que hagi de treballar s'ocasionin problemes de condensacions no desitjades de la humitat ambiental. És per aquest motiu que a continuació es calcula la temperatura de rosada a la qual, l'aigua continguda a l'ambient es comença a condensar formant acumulacions d'aigua.

Per tal de tenir una idea general dels valors als quals pot treballar el sistema, s'han seleccionat els dies amb les temperatures més altes dels anys 2007 i 2008.

**Taula 8.1.1.1.** Dades dels dies amb les temperatures més altes dels anys 2007 i 2008 [1].

Condicions climàtiques			
Temp. Màx [°C]	Temp. Mitjana [°C]	Humitat màx [%]	Humitat [%]
36,7	24,9	85	55
36,2	25	86	60
36,2	25,6	86	55
36,2	26,5	87	57
35,9	25,9	91	63
34,7	24,8	86	61
34,4	24,2	87	61
34,4	25,3	85	56
34,3	24,9	81	56

Per calcular la temperatura de rosada s'ha de començar per determinar la pressió de vapor saturat per a cada temperatura a la taula de propietats de l'aigua [33], que seguidament amb la fórmula de la humitat relativa, es podrà trobar la pressió de vapor.

$$P_v = HR * P_{vs}$$

(Eq.8.1.1.1)

**Taula 8.1.1.2.** Pressions del vapor saturat i vapor en funció de la temperatura i humitat relativa [33].

Condicions climàtiques			
Temp. Màx [°C]	Humitat màx [%]	Pvs [bar]	Pv [bar]
36,7	85	0,062	0,053
36,2	86	0,060	0,052
36,2	86	0,060	0,052
36,2	87	0,060	0,052
35,9	91	0,059	0,054
34,7	86	0,055	0,048
34,4	87	0,054	0,047
34,4	85	0,054	0,046
34,3	81	0,054	0,044

Un cop trobades les pressions del vapor, a partir de les de vapor saturat, es passa a trobar les temperatures corresponents a les taules termodinàmiques [33].

**Taula 8.1.1.3.** Temperatures mínimes de funcionament per tal que no hi hagi humitat [33].

Condicions climàtiques		
Temp. Màx [°C]	Humitat màx [%]	Temp. mínima de funcionament [°C]
36,7	85	33,76
36,2	86	33,47
36,2	86	33,47
36,2	87	33,68
35,9	91	34,20
34,7	86	32,01
34,4	87	31,92
34,4	85	32,53
34,3	81	30,56

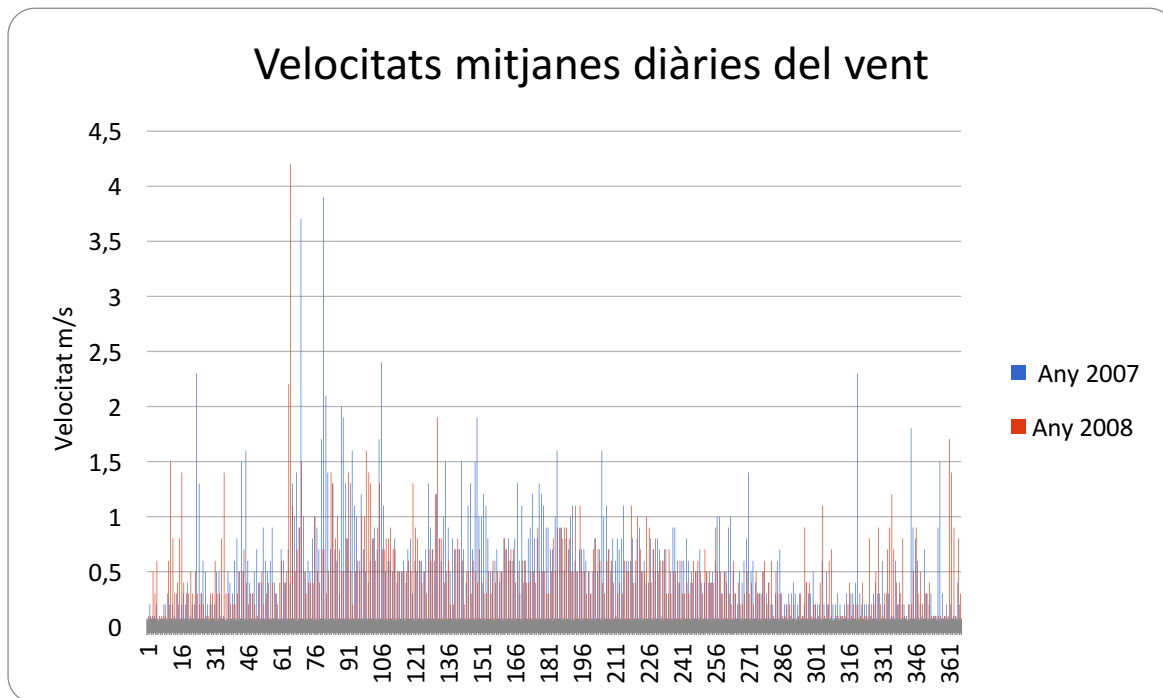
Com es pot comprovar a la taula, les temperatures mínimes de refrigeració a les que pot funcionar els sistema de refrigeració són molt elevades, fet que no fa possible una refrigeració dels espai a través de la tecnologia de terra radiant, ja que si es volgués baixar la temperatura apareixen condensacions.

Els sistemes de refrigeració més oportuns per aquestes característiques seran els anomenats fan-coils, pel fet que poden refredar l'aire a una temperatura molt inferior i els efectes de la condensació tenen lloc a la zona d'intercanvi de calor de l'aparell. Aquesta característica fa que no apareguin humitats indesitjades a les zones habitables.

Cal remarcar que al no tenir les temperatures i humitats instantànies, els càlculs realitzats poden estar derivats considerablement de la realitat. De totes formes, les humitats de la regió són altes i hi hauria problemes d'humitats, per tant és recomanable l'ús de la refrigeració per aire per sobre de la del terra radiant.

## 8.2. Característiques climatològiques de vent

Una de les altres característiques bàsiques que s'ha de tenir en compte és el vent, ja que és una font d'energia renovable que se sol trobar a totes les localitzacions en més o menys magnitud. Per aquests motius s'han descarregat les dades del vent, tant de velocitat com de direcció, de la pàgina web de Infomet[1].



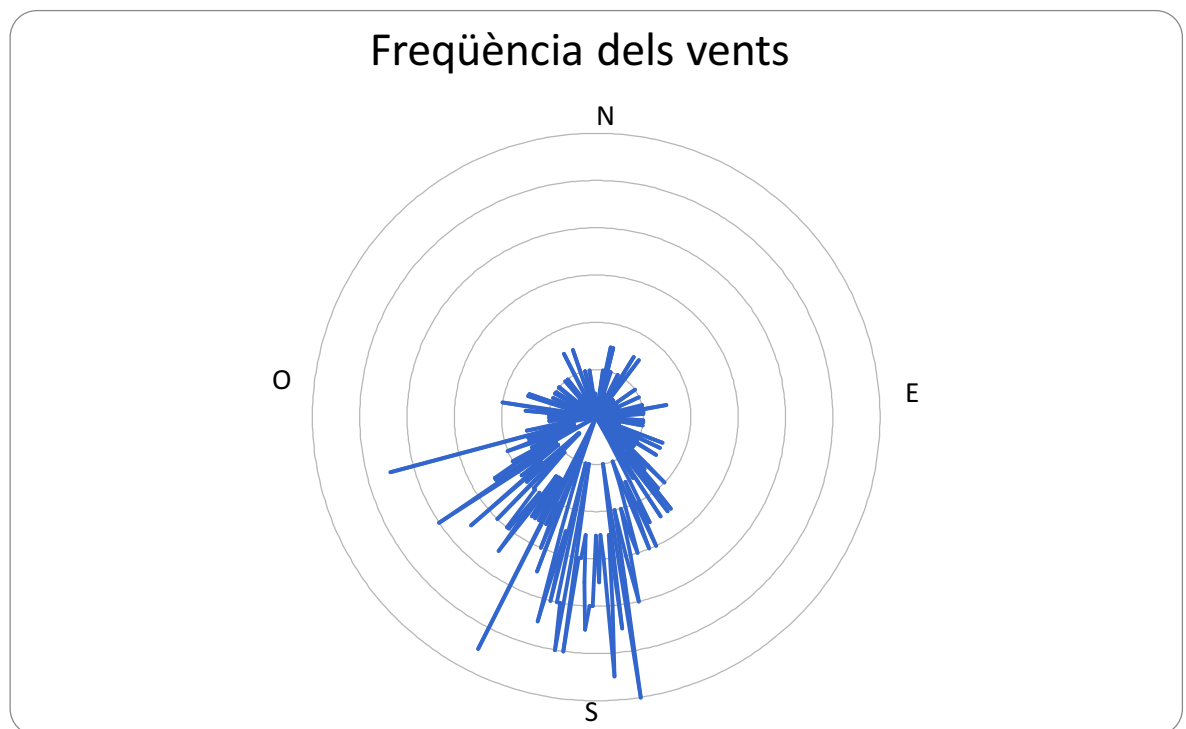
**Figura 8.2.1** Velocitats del vent [Font: Infomet, 1]

Amb aquesta informació es podrà fer un hipotètica situació de la instal·lació d'una aerogenerador en el recinte de Ca l'Escolà.

L'estudi realitzat pels anys 2008 i 2007, i representat a la figura anterior, es pot veure com les dades de gràfiques del vent són semblants, donant els mateixos pics de velocitat al voltant del mateix dies i amb la mateixa intensitat. Aquest fet indica que tot i que el vent és molt imprevisible i gens constatat, es poden arribar a fer estimacions aproximades de la quantitat de vent i direcció gràcies a aquests tipus d'històrics.

Amb aquesta informació es podrà fer un hipotètica situació de la instal·lació d'una aerogenerador a la zona del l'edifici.

A continuació es mostra com es distribueixen les freqüències de les ratxes de vent en funció de la seva procedència.



**Figura 8.2.2** Rosa del vents de la localització amb la freqüència de la direcció. (Font: Infomet)

Gràcies a saber les freqüències de les direccions del vent, es podrà potenciar la instal·lació d'un possible aerogenerador. Aquesta informació és essencial, tot i la gran majoria dels aerogeneradors es poden orientar cap al vent, s'ha de tenir en compte els possibles obstacles físics que es poden trobar. En aquest cas, la principals obstruccions serien el propis edificis i estructures que conformen la colònia. És per aquest motiu que es procurarà instal·lar l'aerogenerador en alguna part elevada situada al Sud-Oest del recinte.

Cal tenir en compte que la instal·lació de l'aerogenerador pot tenir inconvenients; en primer lloc les possibles ombres que puguin ocasionar els aparells a les instal·lacions solars properes.

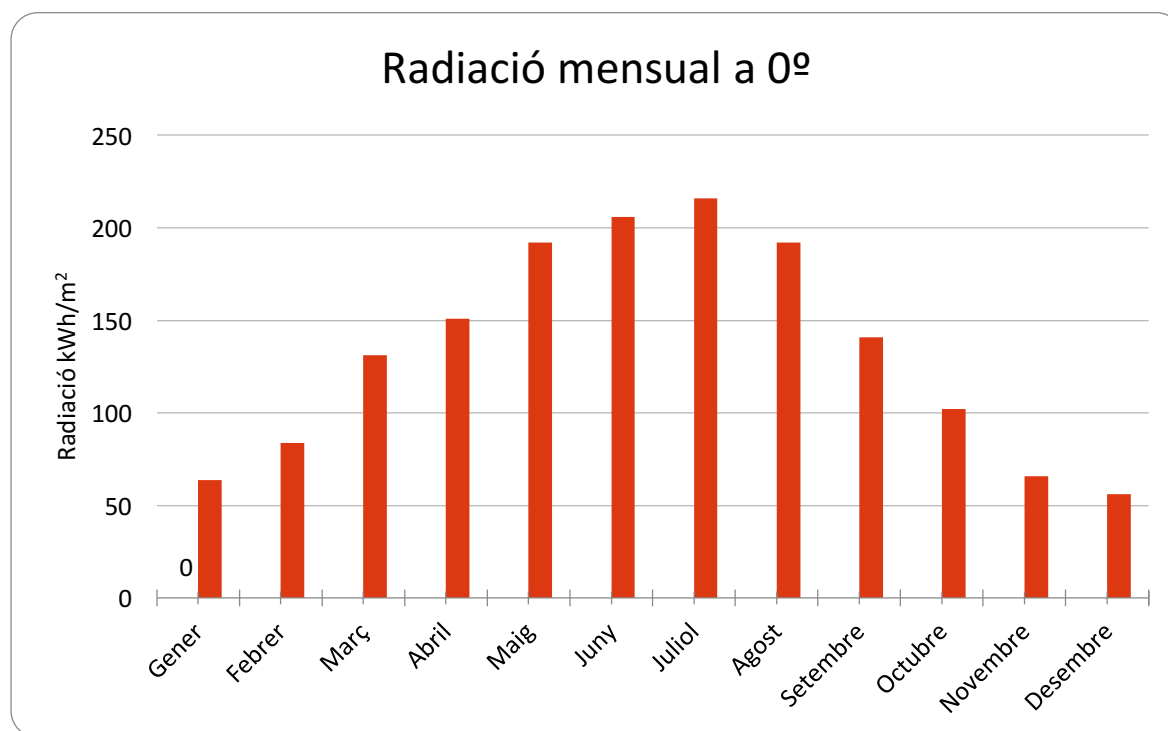
I en segon lloc, però no menys important, és el punt de suport de l'aerogenerador, ja que durant el funcionament del mateix es poden produir vibracions que en certes circumstàncies poden afectar a la integritat de l'estructura i l'edifici on es trobi.

### 8.3. Radiació solar incident a la localització

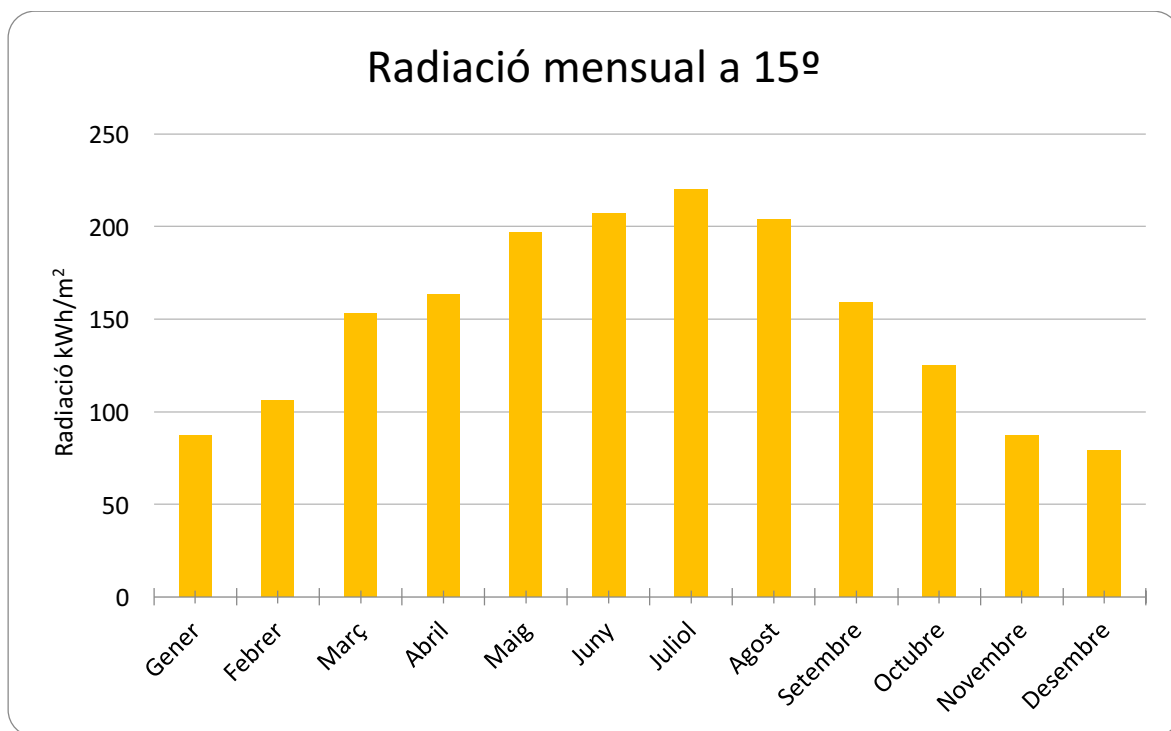
Per poder fer un anàlisi acurat de l'energia que es rep a través del Sol, s'han utilitzat dades extretes de la pàgina web de la Comunitat Europea *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*[3].

Com que primerament, no s'ha predit quina seria la distribució ni orientació de les plaques fotovoltaïques ni de les plaques solar tèrmiques, s'ha procedit a extreure diverses combinacions de radiació incident, variant-ne el grau d'inclinació respecte el terra i la seva orientació envers el sud.

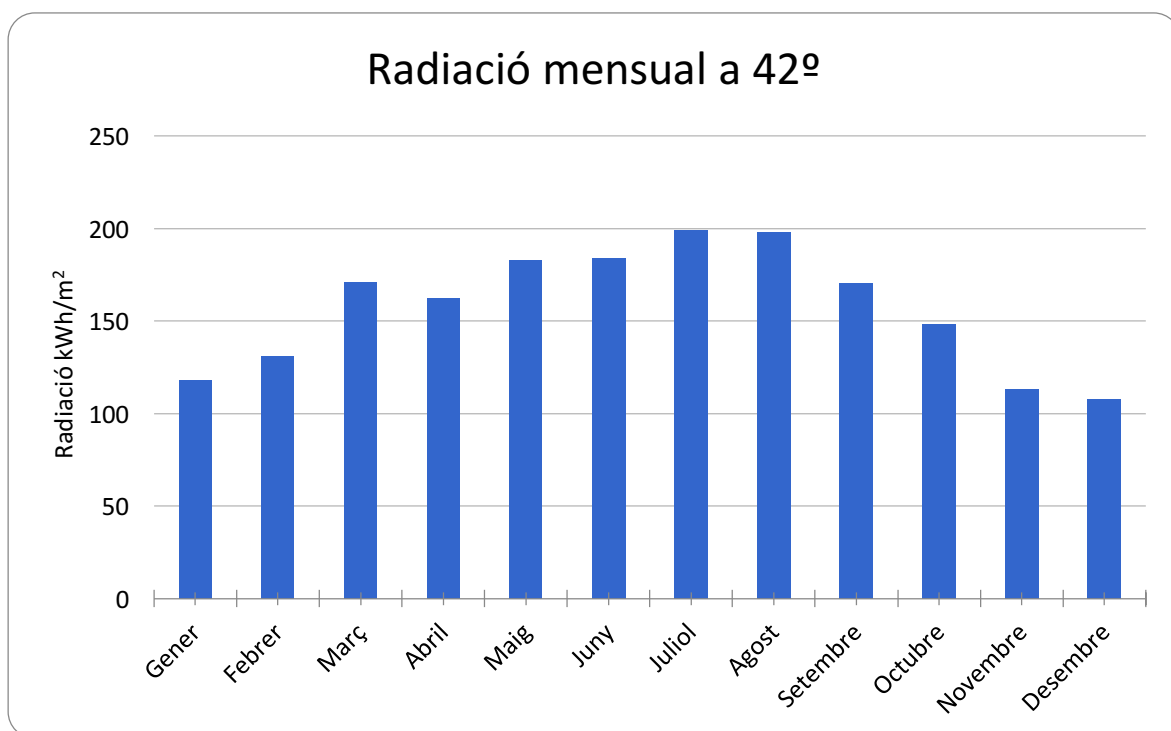
Orientacions a cara sud amb diverses inclinacions:



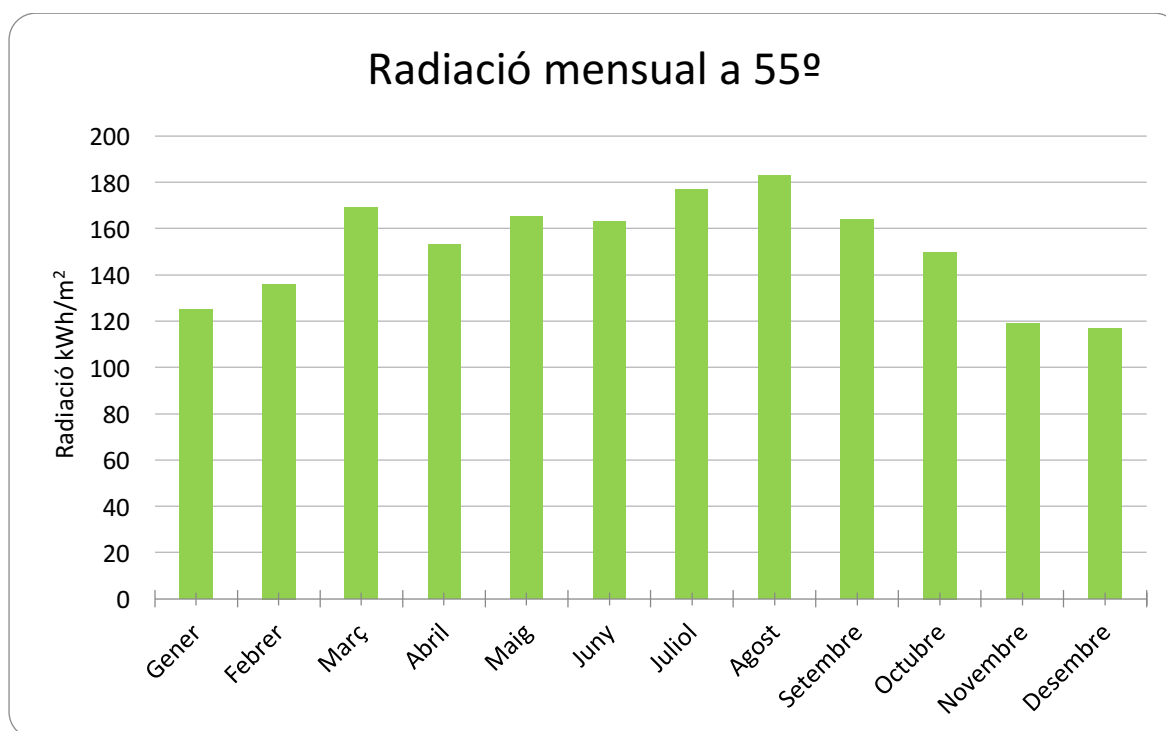
**Figura 8.3.1** Representació de la radiació a la localització amb orientació sud a 0º [Font: PVGIS, 3]



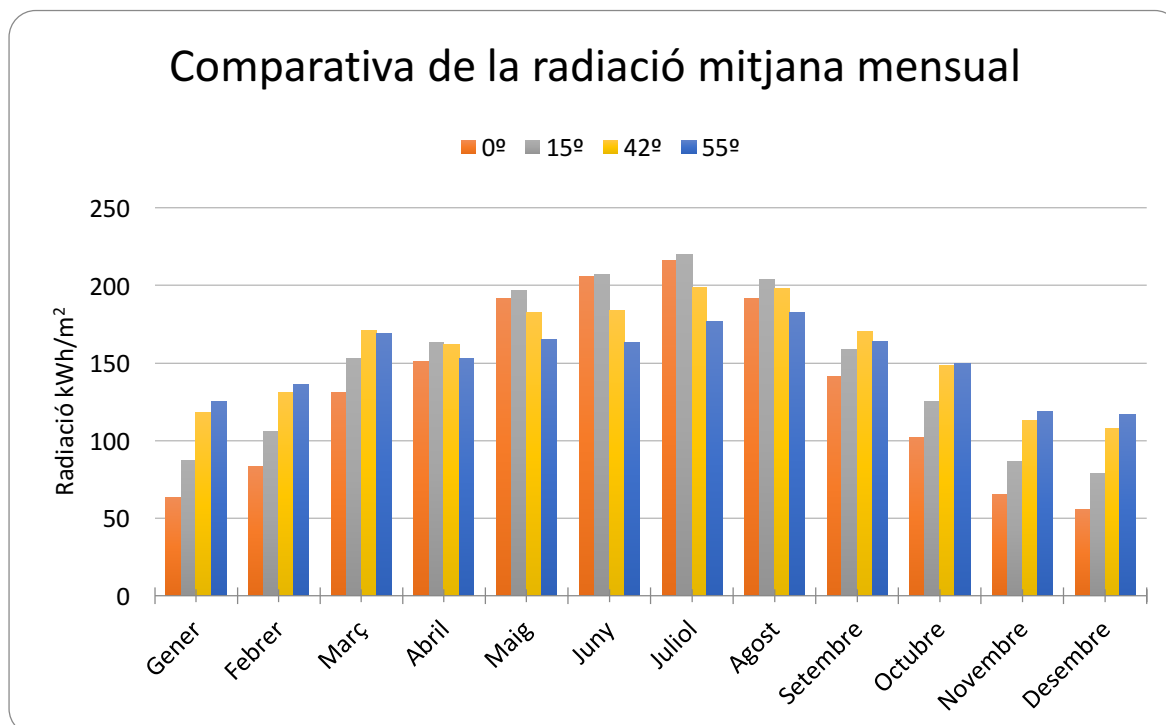
**Figura 8.3.2** Representació de la radiació a la localització amb orientació sud a 15° [Font: PVGIS, 3]



**Figura 8.3.3** Representació de la radiació a la localització amb orientació sud a 42° [Font: PVGIS, 3]



**Figura 8.3.4** Representació de la radiació a la localització amb orientació sud a 55º [Font: PVGIS, 3]



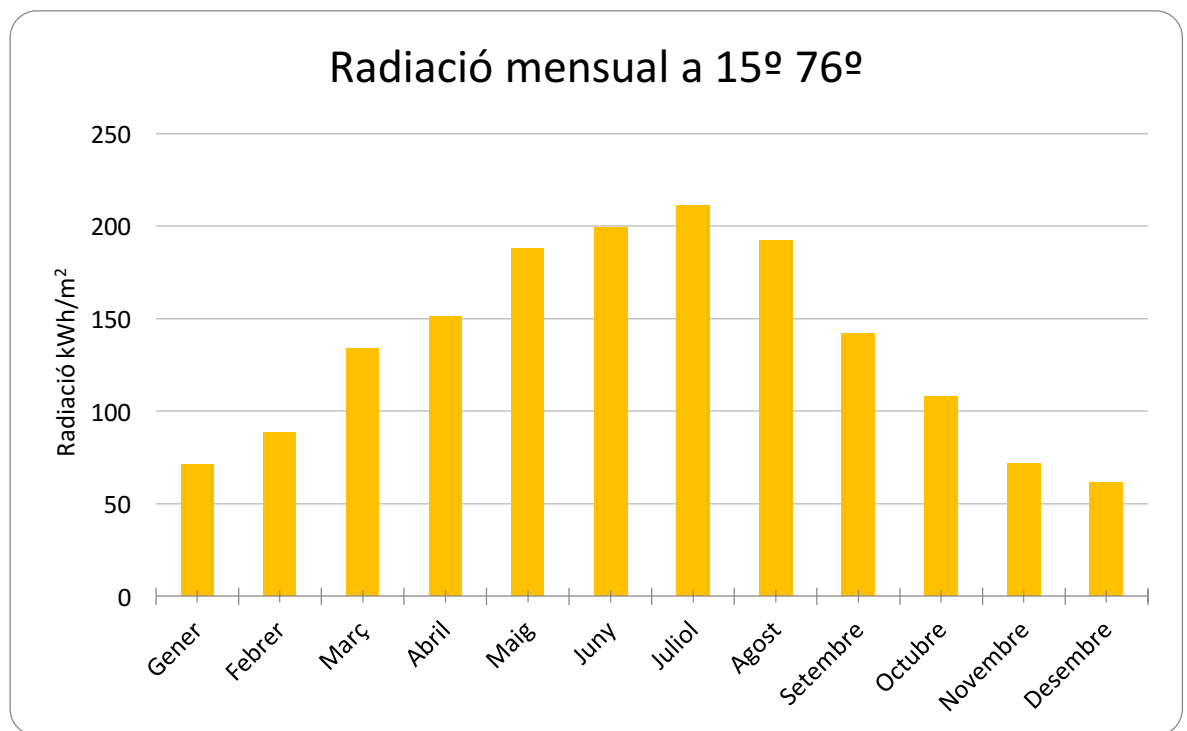
**Figura 8.3.5** Comparativa de les radiacions amb les diferents inclinacions. [Font: PVGIS, 3]



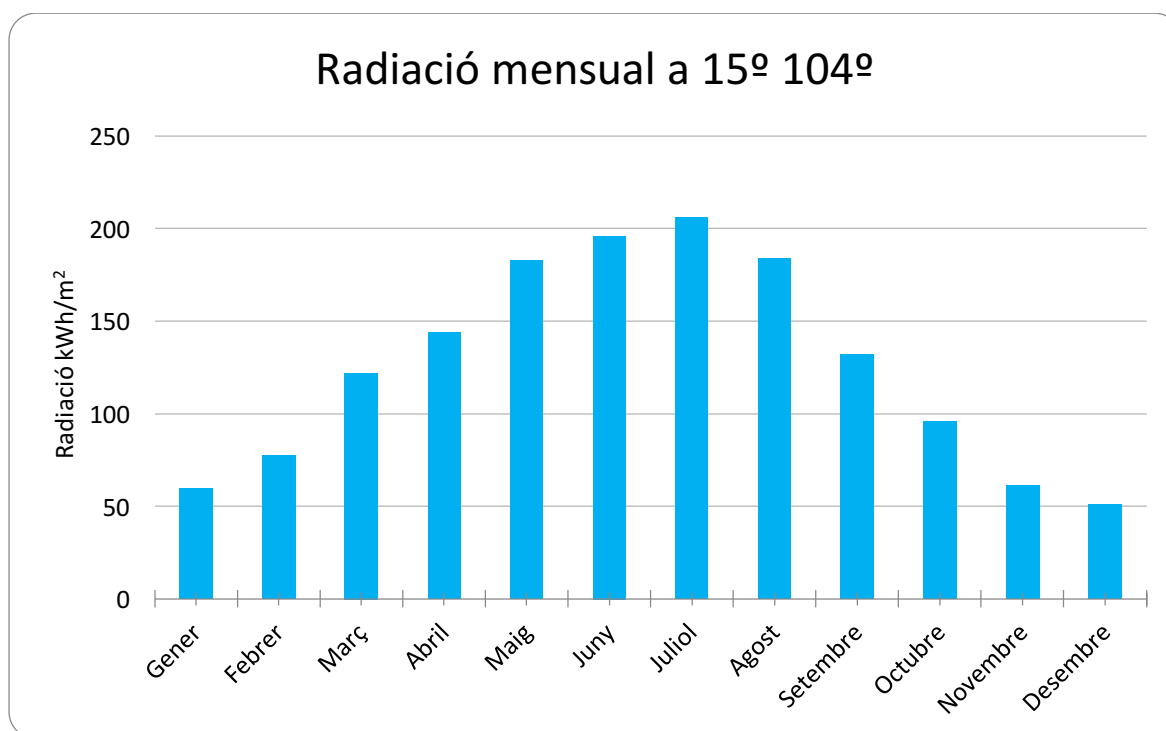
En el cas de poder triar la inclinació dels panells solars, s'hauria de triar la inclinació que més s'ajusti a l'estil de consums que hi hagi, és a dir, en cas que el consum elèctric sigui més acusat a l'estiu, es prioritzaran les inclinacions properes a 0°. En canvi si els consums es fossin més elevats a l'hivern, serien més recomanables les inclinacions més acusades, properes als 55°. Però si es vol obtenir una generació màxima anual els graus recomanables serien al voltant dels 42° respecte l'horitzontal.

Orientacions a cara est i oest amb diverses inclinacions:

Aquestes orientacions són degudes a les característiques de la coberta de la nova nau industrial, les quals poden afavorir una distribució poc comuna per una instal·lació fotovoltaica, en concret les dues orientacions són de 76° (Est) i 104° (Oest) respecte el sud geogràfic.



**Figura 8.3.6** Representació de la radiació a la localització amb orientació est a 15° [Font: PVGIS, 3]



**Figura 8.3.7** Representació de la radiació a la localització amb orientació oest a 15° [Font:PVGIS, 3]

## 9. Consums climatització

Per dur a terme l'estudi dels requisits energètics que necessiten els diversos edificis que conformen en complexes s'utilitzaran les dades facilitades pel professor de la Universitat Politècnica de Catalunya Joan Grau Barceló [24]. S'especifica que els consums per climatització es poden dividir en dos; consums de calefacció i consums de refrigeració en funció de l'època de l'any.

La fórmula principal a la que es basa aquest apartat és l'equació energètica que es mostra a continuació. La qual es divideix en dues parts; la climatització (tant de calefacció com de refrigeració) i ventilació dels diversos espais.

$$Energia [Wh] = Energia climatització + Energia de Ventilació$$

(Eq. 9.1)

$$Energia [Wh] = (U * S) * Gd * 24 * i * n + (C_p * \rho * V) * Gd * 24 * i * n$$

(Eq. 9.2)

### 9.1. Consums calefacció

Per poder fer una estimació dels consums de les instal·lacions de Ca l'Escolà caldrà tenir en compte diversos aspectes. Els més rellevants són la localització, on l'altura sobre el nivell del mar, els històrics la meteorologia, l'ús dels espais i els materials usats en l'aïllament de l'edifici.

#### 9.1.1. Graus-dies calefacció

El concepte Graus-dies és un conjunt que congrega els requisits de temperatura i dia.

$$\int_0^{any} (T_i - T_e) * dt = \Sigma(T_i - T_e) * \Delta t$$

(Eq. 9.1.1.1)

D'on es pot extreure la simplificació:

$$Gd = (T_i - T_e) * n^{\circ} \text{ dies}$$

(Eq. 9.1.1.2)

La temperatura interior, a partir de la qual es posarà en funcionament la caldera ve fixada en 15°C. Amb aquest valor es poden calcular els graus dia diaris necessaris de calefacció, calculats a través de la mitjana de les dades ambientals extretes del Servidor d'Informació Meteorològica [1] dels anys 2008 i 2007, els quals venen sumats i resumits a la següent taula.

**Taula 9.1.1.1.** Resum de graus dia i dies de calefacció.

Calefacció	
Graus-dia	Dies anuals
1.637,25	232

Finalment es comparen els valors obtinguts amb els valors proporcionats per el document de Graus-dia [27]. Es veu com concorden, ja que el document aporta un valor de calefacció de 1.595, com que els valors proporcionats pel document estan homologats per la Generalitat de Catalunya i per la Unió Europea, agafaran com a predominants.

També s'han extret dades de la pàgina web del Servei Meteorològic de Catalunya [29], on l'estació de Gurb registra 1.772,5 graus-dia per calefacció. Al ser aquest valor contrastat per una web oficial i per ser el més elevat s'agafarà aquest valor per tal de treballar en futurs càlculs.

## 9.2. Consums per refrigeració

La temperatura interior, a partir de la qual es posarà en funcionament la refrigeració ve fixada en 21°C com a estàndard per la pàgina web del Servei Meteorològic de Catalunya [29].

### 9.2.1. Graus-dies per refrigeració

Per tal de determinar els graus-dies referents al sistema de refrigeració a la temperatura d'accionament de 21°C, s'ha observat les dades extretes de l'Infomet i del Servei Meteorològic de Catalunya [29], per tal tenir un contrast d'informacions. Els resultats obtinguts són els següents:

**Taula 9.2.1.1** Resum de graus dia i dies de refrigeració anuals [Font: Pròpia].

Refrigeració	
Graus-dia	Dies anuals
82,6	50

Com s'ha fet anteriorment, els valors que s'han agafat per fer el càlcul dels graus-dia per a la refrigeració amb el criteri de 21 °C, són els de l'estació de Gurb, la qual marca uns graus-dia de 359,9 [29]. S'agafa el major valor trobat per tal de fer un correcte dimensionament de les instal·lacions i aconseguir cobrir al màxim les necessitats més extremes.

### 9.3. Coeficients d'ús

Segons l'ús que es donarà als espais, hi ha uns valors estàndard per fer un càlcul aproximat del temps d'ús dels mateixos. A la taula que es mostra a continuació [25], es mostren els valors que adquireixen diferents usos.

**Taula 9.3.1.** Taula amb els coeficients d'ús i intermitència de diversos espais [25].

Característiques d'ús segons espai					
Tipus	Calefacció al mes [dia]	Coef. d'ús	Calefacció [hora/dia]	% d'hores	Coef. d'intermitència
Habitatges	30	1	15	63	0,85
Col·legis	22	0,8	6	25	0,45
Esglésies	6	0,4	6	25	0,45
Comerços	24	0,85	11	46	0,8
Oficines	24	0,85	9	38	0,7
Hotels	30	1	15	63	0,85
Tallers	24	0,85	9	38	0,7
Hospitals	30	1	24	100	1
Teatres	30	1	3	13	0,4
Sales de reunió	6	0,4	3	13	0,4

Un cop determinant aquest valors es procedeix a catalogar els diferents espais en funció del futur usos que tindran.

**Taula 9.3.2.** Taula amb els coeficients d'ús i intermitència dels espais de Ca l'Escolà [25].

Coeficients d'ús segons l'espai			
Edifici	Ús	i [%]	n [%]
1-A	Oficines/Tallers	85	70
1-B	Oficines/Tallers	85	70
1-C	Fàbrica	85	70
2-A	Tallers	85	70
2-B	Tallers	85	70
2-C	Tallers	85	70
3-A	Comerços	85	80

Coeficients d'ús segons l'espai			
Edifici	Ús	i [%]	n [%]
3-B	Oficines/Tallers	85	80
6-A	Habitatges	1	85
7-A	Comerços	85	80
8-A	Oficines/Tallers	85	70
9-A	Fàbrica	85	70

## 9.4. Energia de calefacció

Utilitzant la següent fórmula, s'ha comptabilitzat una potència de calefacció en funció de les transmissibilitats tèrmiques, superfícies, i coeficients d'ús, remarcant que els graus dies especificats pel cas són 1772,5 graus-dia amb el criteri de 15 °C.

$$Energia\ calefacció\ [Wh] = U * S * Gd * 24 * i * n$$

(Eq. 9.4.1)

### 9.4.1. Energia de calefacció de la nau principal

**Taula 9.4.1.1.** Energia destinada a la calefacció de la nau principal.

Energia calefacció nau principal		
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Energia [kWh]
Mur	1,85	77.805,90
Mur aïllat	0,58	24.517,07
Coberta	3,30	135.180,06
Coberta aïllada	0,30	12.411,99
Terra	1,66	64.651,13
Terra aïllat	0,46	17.829,57
Obertures	2,78	27.356,01
Noves obertures	1,55	15.241,57

### 9.4.2. Energia de calefacció dels humidificadors

Taula 9.4.2.1. Energia destinada a la calefacció dels humidificadors.

Energia calefacció humidificadors		
	U [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]	Energia [kWh]
Mur	1,85	25.521,16
Mur aïllat	0,58	8.041,86
Coberta	3,30	120.276,60
Coberta aïllada	0,30	11.043,58
Terra	1,66	49.520,18
Terra aïllat	0,46	13.656,74
Obertures	2,78	15.624,20
Noves obertures	1,55	8.705,12

### 9.4.3. Energia de calefacció dels batans

Taula 9.4.3.1. Energia destinada a la calefacció dels batans.

Energia calefacció batans		
	U [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]	Energia [kWh]
Mur	1,85	13.334,45
Mur aïllat	0,58	4.201,76
Coberta	3,30	135.180,06
Coberta aïllada	0,30	4.204,88
Terra	1,66	28.902,86
Terra aïllat	0,46	6.864,68
Obertures	2,78	27.356,01
Noves obertures	1,55	4.498,69

#### 9.4.4. Energia de calefacció de l'antic habitatge amo i magatzem

**Taula 9.4.4.1.** Energia destinada a la calefacció del l'antic habitatge de l'amo.

Energia calefacció antic habitatge amo		
	U [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]	Energia [kWh]
Mur	2,22	28.152,99
Mur aïllat	0,63	7.964,00
Coberta	3,31	25.137,26
Coberta aïllada	0,30	2.303,04
Terra	1,66	12.824,15
Terra aïllat	0,46	3.538,23
Obertures	2,78	9.124,26
Noves obertures	1,55	5.083,64

#### 9.4.5. Energia de calefacció dels antics habitatges

**Taula 9.4.5.1.** Energia destinada a la calefacció dels antics habitatges.

Energia calefacció antics habitatges		
	U [ $\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ ]	Energia [kWh]
Mur	3,57	72.283,77
Mur aïllat	0,63	12.715,46
Coberta	3,31	47.072,14
Coberta aïllada	0,30	4.312,69
Terra	1,66	22.148,83
Terra aïllat	0,46	6.110,94
Obertures	2,78	12.439,91
Noves obertures	1,55	6.930,97

Un cop fet l'estudi dels diferents consums de calefacció es pot fer un resum de les diferències de consums energètics amb i sense aïllaments.



**Taula 9.4.1.** Resum dels consums de calefacció al llarg de l'any.

Energia de calefacció		
	Energia [kWh]	Proporció [%]
Sense aïllament	949.891,96	100,0
Amb aïllament	180.176,49	19,0

Es pot veure clarament com l'energia consumida per la calefacció és molt menor quan els edificis tenen un bon aïllament. Per aquest cas el consum es redueix en un 81,5 %. Aquest fet remarca com un bon aïllament en un edifici pot suposar un gran estalvi al llarg de de l'any.

## 9.5. Energia de refrigeració

Utilitzant la següent fórmula, s'ha comptabilitzat una potència de calefacció en funció de les transmitàncies tèrmiques, superfícies, i coeficients d'ús, remarcant que els graus dies especificats pel cas són 359,9 graus-dia amb el criteri de 21 °C d'arrencada.

$$Energia\ Refrigeració [Wh] = U * S * Gd * 24 * i * n$$

(Eq. 9.5.1)

Els càlculs que s'utilitzen per obtenir l'energia destinada a la refrigeració són els mateixos que amb la climatització amb la diferència dels graus dia.

### 9.5.1. Energia de refrigeració de la nau principal

**Taula 9.5.1.1.** Energia destinada a la refrigeració de la nau principal.

Energia de refrigeració nau principal		
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Energia refrigeració [kWh]
Mur	1,8	15.802,61
Mur Aïllat	0,6	4.979,49
Coberta	3,3	27.455,47
Coberta aïllada	0,3	2.520,91
Terra	1,7	13.130,84
Terra aïllat	0,5	3.621,24
Obertures	2,8	5.556,09
Noves Obertures	1,5	3.095,61

## 9.5.2. Energia de refrigeració dels humidificadors

Taula 9.5.2.1. Energia destinada a la refrigeració dels humidificadors.

Energia de refrigeració dels humidificadors		
	U [ $\text{W/m}^2\text{°C}$ ]	Energia refrigeració [kWh]
Mur	1,8	5.183,42
Mur Aïllat	0,6	1.633,33
Coberta	3,3	24.428,53
Coberta aïllada	0,3	2.242,98
Terra	1,7	10.057,70
Terra aïllat	0,5	2.773,72
Obertures	2,8	3.173,32
Noves Obertures	1,5	1.768,04

## 9.5.3. Energia de refrigeració dels batans

Taula 9.5.3.1. Energia destinada a la refrigeració dels batans

Energia de refrigeració dels batans		
	U [ $\text{W/m}^2\text{°C}$ ]	Energia refrigeració [kWh]
Mur	1,8	2.708,27
Mur Aïllat	0,6	853,39
Coberta	3,3	27.455,47
Coberta aïllada	0,3	854,02
Terra	1,7	5.870,26
Terra aïllat	0,5	1.394,24
Obertures	2,8	5.556,09
Noves Obertures	1,5	913,70

### 9.5.4. Energia de refrigeració de l'antic habitatge amo i magatzem

**Taula 9.5.4.1.** Energia destinada a la refrigeració del l'antic habitatge de l'amo.

Energia de refrigeració antic habitatge de l'amo		
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Energia refrigeració [kWh]
Mur	2,2	5.717,96
Mur Aïllat	0,6	1.617,51
Coberta	3,3	5.105,45
Coberta aïllada	0,3	467,76
Terra	1,7	2.604,62
Terra aïllat	0,5	718,62
Obertures	2,8	1.853,16
Noves Obertures	1,5	1.032,50

### 9.5.5. Energia de refrigeració dels antics habitatges

**Taula 9.5.5.1.** Energia destinada a la refrigeració dels antics habitatges.

Energia de refrigeració antics habitatges		
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Energia refrigeració [kWh]
Mur	3,6	14.681,05
Mur Aïllat	0,6	2.582,55
Coberta	3,3	9.560,49
Coberta aïllada	0,3	875,92
Terra	1,7	4.498,49
Terra aïllat	0,5	1.241,15
Obertures	2,8	2.526,58
Noves Obertures	1,5	1.407,70

Un cop fet l'estudi dels diferents consums de calefacció es pot fer un resum de les diferències de consums energètics amb i sense aïllaments.

**Taula 9.5.1.** Resum dels consums de refrigeració al llarg de l'any.

Energia de refrigeració		
	Energia [kWh]	Proporció [%]
Sense aïllament	192.925,87	100,0
Amb aïllament	36.594,38	19,0

## 9.6. Sistema de ventilació

En els habitatges actuals es busca un gran estalvi d'energia, i la millor forma d'aconseguir-ho és aïllant els edificis del contacte exterior. Aquest fet provoca que la ventilació dels espais empitjori o sigui nul·la, per aquest motiu és molt important mantenir les millors condicions de vida a través del sistema de ventilació. El document que regula els requisits de salubritat, i més concretament la qualitat de l'aire en els edificis és Document Bàsic-H Salubritat apartat 3 (DB-HS3) del Codi Tècnic de l'Edificació [28].

El document tècnic dicta com exigència que:

- Els edificis disposaran de mitjans perquè els seus recintes es puguin ventilar adequadament, eliminant els contaminants que es produeixen de forma habitual durant l'ús normal dels edificis, de forma que s'aporti un cabal suficient d'aire exterior i es garantitzi l'extracció i expulsió de l'aire viciat pels contaminants.
- Per limitar el risc de contaminació de l'aire interior dels edificis i de l'entorn exterior a les façanes i patis, la evacuació dels productes de combustió de les instal·lacions tèrmiques es produirà, amb caràcter general, per la coberta de l'edifici, amb independència del tipus de combustible i l'equipament que s'utilitzi, d'acord amb la reglamentació específica sobre instal·lacions tèrmiques.

Quan els conductes de ventilació siguin contigus a un local habitable, a no ser que estiguin a la coberta o en locals d'instal·lacions o patis que compleixin les condicions establertes pel DB HR, la secció nominal de cada tram del conducte d'extracció ha de ser com a mínim igual a la obtinguda mitjançant la següent fórmula:

$$Superfície [cm^2] \geq 2,5 * Cabal de ventilació [l/s]$$

(Eq. 9.6.1)

En cas que els conductes passin per la coberta de l'edifici la fórmula que s'utilitzarà serà la següent:

$$Superfície [cm^2] \geq 1,5 * Cabal de ventilació [l/s]$$

(Eq. 9.6.2)

Les característiques exigides als productes que han de constituir el sistema de ventilació, ha de complir les característiques de la legislació vigent i han de funcionar eficientment a les condicions previstes de servei. Es consideraran acceptables els conductes de xapa fabricats d'acord amb les condicions de la norma UNE 100 102:1988.

### 9.6.1. Ventilació mecànica

Per aquest projecte s'ha triat una ventilació mecànica, pel fet que al ser una rehabilitació no és preferible fer obertures de ventilació natural, a part que molts dels espais són amplis i una ventilació natural seria un sistema complex. En el cas que l'aspirador mecànic hagi d'anar col·locat aplomat i subjecte al conducte d'extracció o al seu revestiment.

El sistema de ventilació mecànica ha de col·locar-se sobre el suport de manera estable i utilitzant elements antivibradors.

Com que els sistema de climatització es distribuirà per canonades d'aigua, calenta i freda, cada agrupació d'edificis aïllats tindrà un sistema de captació i filtratge d'aire, per la següent climatització gràcies fan-coils.

Els afegits i connexions han de ser estancs i estar protegits per evitar l'entrada o sortida d'aire en aquells punts.

El manteniment de la instal·lació és un procediment clau per allargar la vida útil dels aparells i assegurar una bona qualitat de l'aire. Per fer un manteniment adequat el CTE marca la següent taula 9.6.1.1..

**Taula 9.6.1.1.** Resum d'operacions de manteniment i conservació [28].

<b>Operacions de manteniment i conservació</b>		
	<b>Operació</b>	<b>Periodicitat</b>
Conductes	Neteja	1 any
	Comprovació d'estanqueïtat	5 anys
Obertures	Neteja	1 any
Aspiradors mecànics i extractors	Neteja	1 any
	Revisió de l'estat de funcionalitat	5 anys
Filtres	Revisió d'estat	6 mesos
	Neteja o substitució	1 any
Sistemes de control	Revisió d'estat d'automatismes	2 anys

### 9.6.2. Cabals d'aire segons usos

Segons el document; Interpretación de la normativa: “Caudales de aire de ventilación de locales”, facilitat per la pàgina web del Colegio Oficial de Arquitectos de Asturias (COAA) [30], hi ha diverses tipologies d'usos pels edificis, fet que fa que els seus requisits de ventilació siguin diferents. Les normatives que s'apliquen a aquesta apartat són:

- RITE RD 1027/2007 del 20 de juliol, BOE 29-08-2007).
- Instrucció tècnica IT1. Exigencia de bienestar e higiene. IT.1.1.4.2. Exigencia de calidad del aire interior.
- UNE EN 13779 Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.

L'exigència de ventilació dels locals que no tinguin una aplicació directe del DB HS3, com són els habitatges, magatzems de residus, trasters, aparcaments i garatges, on es realitzi alguna activitat humana, s'estableix l'apartat 1.1.4.2 i els següents.

Els locals amb ocupació humana permanent es classificaran segons la següent taula.

**Taula 9.6.2.1.** Classificació IDA segons els usos dels espais [30].

Classificació IDA segons ús		
Locals	Classificació	Sense fumadors
Hospitals	IDA 1 (qualitat òptima)	0,02 m <sup>3</sup> /s.per. 20 dm <sup>3</sup> /s.per 72 m <sup>3</sup> /h.per
Laboratoris		
Guarderies		
Oficines	IDA 2 (bona qualitat)	0,0125 m <sup>3</sup> /s.per 12,5 dm <sup>3</sup> /s.per 45 m <sup>3</sup> /h.per
Locals comuns d'hotels		
Residencies		
Museus		
Salas de lectura		
Salas d'ensenyança		
Edificis comercials	IDA 3 (qualitat mitjana)	0,008 m <sup>3</sup> /s.per 8 dm <sup>3</sup> /s.per 28,8 m <sup>3</sup> /h.per
Cines i teatres		
Salons d'actes		
Habitacions d'hotels i similars		
Restaurants, cafeteries, bars		
Salas de festes		
Gimnasos		
Salas d'ordinadors		

Els locals no dedicats a l'ocupació humana permanent es classifiquen de la següent manera.

**Taula 9.6.2.2.** Classificació IDA segons els usos dels espais no dedicats a ocupació humana [30].

<b>Classificació IDA segons ocupació</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Cabal d'aire exterior</b>
IDA 1	no aplicable
IDA 2	0,83 dm <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup>
IDA 3	0,55 dm <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup>
IDA 4	0,28 dm <sup>3</sup> /s.m <sup>2</sup>

### 9.6.2.1. Cabals a dels habitatges

Els habitatges que hi haurà localitzats al segon pis de la nau principal i en els antics habitatges dels treballadors, hauran de tenir una ventilació marcada per la normativa DccHS-3 [28]. La qual es classifiquen en la següent taula, els cabals d'aire de reposició necessaris depenent del nombre d'habitacions i de la tipologia d'habitatge. Entenent com a local secs humits els banys.

**Taula 9.6.2.1.1.** Cabals volumètrics d'aire en litres per segon necessaris per local [28].

<b>Cabals d'aire marcats per normativa</b>					
<b>Tipus d'habitatge</b>	<b>Locals secs</b>			<b>Locals humits</b>	
	<b>Dormitori principal</b>	<b>Reste de dormitoris</b>	<b>Sala d'estar i menjador</b>	<b>Mínim en total</b>	<b>Mínim per local</b>
0 ò 1 dormitoris	8	-	6	12	6
2 dormitoris	8	4	8	24	7
3 dormitoris	8	4	10	33	8

Fent el supòsit que els habitatges seran d'aproximadament 50 metres quadrats, formats per dos dormitoris, un bany i una cuina-menjador. Amb aquestes característiques es pot dimensionar la quantitat d'aire que farà falta per a cada edifici amb habitatges.

**Taula 9.6.2.1.2.** Cabals volumètrics d'aire en litres per segon destinats als habitatges [28].

<b>Cabals habitatges</b>		
<b>Localització</b>	<b>Nº habitatges</b>	<b>Cabal [l/s]</b>
1-A	1	44
6-A	14	616



### 9.6.2.2. Cabals en oficines i tallers

La qualitat de l'aire necessari per oficines i tallers ve marcat pel RITE, el qual marca que aquestes tipologies de locals requereixen com a mínim una ventilació de tipus IDA 2 amb un aire de bona qualitat i un conseqüent cabal de 12,5 litres per segon d'aire.

Els espais que encara no s'han definit, tindran una qualitat de ventilació IDA 2 ja que és de les més exigents, i les possibles activitats previstes pels espais requereixen una IDA 3 destinada a locals comercials, espais públics, restaurants, cafeteries, etc.

El cabal d'aire que marca el RITE IDA 2 ve marcat per la quantitat de persones previstes pels espais. Segons el document consultat de la Universitat Oberta de Catalunya [31], la superfície destinada per persona al seu espai de treball mínim segons el CTE-DB-SI és de 10 m<sup>2</sup>, i d'uns 2 m<sup>2</sup> segons el RD 486/1997 destinats a la superfície mínima de moviment. Per tant es defineixen uns 12 m<sup>2</sup> per persona que aplicats a les diverses superfícies dels locals, s'obté l'ocupació total.

Per aquest motiu es defineixen les següents ocupacions i cabals.

**Taula 9.6.2.2.1.** Ocupació d'espais i cabals volumètrics d'aire en litres per segon destinats a les oficines i tallers [28][31].

Cabals oficines i tallers			
Localització	Nivell	Nº ocupants	Cabal [l/s]
1-A	BAIX	91	1.137,50
1-A	PRIMER	91	1.137,50
1-B	BAIX	23	287,50
2-A	BAIX	20	250,00
2-B	BAIX	13	162,50
2-C	BAIX	15	187,50
3-A	BAIX	59	737,50
3-B	BAIX	26	325,00
7-A	BAIX	10	125,00
8-A	BAIX	13	162,50
8-A	PRIMER	13	162,50

Un cop fets calculats els diversos cabals de ventilació s'obté el total de cabals d'aire de ventilació que necessita la colònia tèxtil. La taula resum dels nombres totals es mostra a continuació.

**Taula 9.6.2.3.** Cabals volumètrics d'aire en litres per segon totals [28].

Cabals d'aire	
Nº ocupants	Cabal [l/s]
419	5.335,00

### 9.6.3. Energia de calefacció per ventilació d'aire

El principi per calcular l'energia que s'ha d'aportar per la climatització per ventilació, ve resumit per la fórmula que ve a continuació. Aquesta és similar a la utilitzada anteriorment però ve definida per la capacitat calorífica i la densitat de l'aire.

**Taula 9.6.3.1.** Característiques i magnituds dels diversos paràmetres de l'aire [32].

Característiques de l'aire	
Simbologia	Valors
Cp	1,005 kJ/(kg*°C)
ρ	1,2 kg/m <sup>3</sup>

Els Graus-dia de calefacció, s'usen els mateixos que en els apartats anteriors, marcats per 1.772,5 graus-dia al llarg de l'any per calefacció.

$$Energia\ Ventilació\ Calefacció\ [Wh] = (C_p * \rho * V) * Gd * 24 * i * n$$

(Eq. 9.6.3.1)

Aplicant la formula mostrada i fent les conversions d'unitats oportunes, com el canvi d'unitats dels cabals volumètrics i les energies, s'obté la següent taula resum de resultats energètics.

**Taula 9.6.3.2.** Taula de l'energia de calefacció per ventilació.

Energia destinada a calefacció per ventilació				
Localització	Cabal [m <sup>3</sup> /h]	i	n	Energia [kWh]
1-A	4.095,00	0,85	0,70	34.743,59
1-A	4.095,00	0,85	0,70	34.743,59
1-A	158,40	1,00	0,85	1.919,90
1-B	1.035,00	0,85	0,70	8.781,35

Energia destinada a calefacció per ventilació				
Localització	Cabal [m³/h]	i	n	Energia [kWh]
2-A	900,00	0,85	0,70	7.635,95
2-B	585,00	0,85	0,70	4.963,37
2-C	675,00	0,85	0,70	5.726,97
3-A	2.655,00	0,85	0,80	25.744,07
3-B	1.170,00	0,85	0,80	11.344,85
6-A	2.217,60	1,00	0,85	26.878,56
7-A	450,00	0,85	0,80	4.363,40
8-A	585,00	0,85	0,70	4.963,37
8-A	585,00	0,85	0,70	4.963,37
Total	-	-	-	<b>176.772,33</b>

#### 9.6.4. Energia de refrigeració per ventilació d'aire

Per comptabilitzar una potència de refrigeració de ventilació en funció de les transmitàncies tèrmiques, superfícies, i coeficients d'ús, s'usarà la següent fórmula. Remarcant que els graus dies especificats pel cas són 359,9 graus-dia tal com s'ha fet a l'apartat de climatització per refrigeració però amb la seva fórmula corresponent.

$$Energia Ventilació Refrigeració [Wh] = (C_p * \rho * V) * Gd * 24 * i * n$$

(Eq. 9.6.4.1)

Fent els càlculs corresponents s'obté la següent taula resum.

**Taula 9.6.4.1.** Taula de l'energia de refrigeració per ventilació.

Energia destinada a refrigeració per ventilació				
Localització	Cabal [m³/h]	i	n	Energia [kWh]
1-A	4.095,00	0,85	0,70	7.057,92
1-A	4.095,00	0,85	0,70	7.057,92
1-A	158,40	1,00	0,85	390,01
1-B	1.035,00	0,85	0,70	1.783,87
2-A	900,00	0,85	0,70	1.551,19
2-B	585,00	0,85	0,70	1.008,27

Energia destinada a refrigeració per ventilació				
Localització	Cabal [m <sup>3</sup> /h]	i	n	Energia [kWh]
2-C	675,00	0,85	0,70	1.163,39
3-A	2.655,00	0,85	0,80	5.229,73
3-B	1.170,00	0,85	0,80	2.304,63
6-A	2.217,60	1,00	0,85	5.460,19
7-A	450,00	0,85	0,80	886,39
8-A	585,00	0,85	0,70	1.008,27
8-A	585,00	0,85	0,70	1.008,27
Total	-	-	-	<b>35.910,08</b>

Els resum de l'energia distribuïda per la ventilació anual ve expressada a la següent taula.

**Taula 9.6.1.** Resum de les energies destinades a calefacció i refrigeració anual per la ventilació.

Energia distribuïda per ventilació	
Tipologia	Energia [kWh]
Calefacció	176.772,33
Refrigeració	35.910,08

Com que els recuperadors d'aire tenen una eficiència del 85%, l'energia que cal subministrar serà menor a l'estimada fent el total que es mostra a continuació.

**Taula 9.6.2.** Resum de les energies destinades a calefacció i refrigeració anual per la ventilació amb rendiment de recuperador de calor.

Energia distribuïda per ventilació	
Tipologia	Energia [kWh]
Calefacció	26.515,85
Refrigeració	5.386,52

## 9.7. Conjunt d'energies destinades a la climatització

Un cop realitzats els càlculs de consums per climatitzar els diversos habitatges amb calefacció, refrigeració i la necessària climatització de l'aire provinent de l'exterior requerit per la ventilació, es pot obtenir el resum de les energies destinades en cada cas i el total, el qual ve resumit a la següent taula.

**Taula 9.7.1.** Resum d'energia destinada a la climatització anual.

Necessitats energètiques		
Tipologia	Energia [kWh]	Percentatge [%]
Calefacció	180.176,49	72,46
Refrigeració	36.594,38	14,72
Calefacció per ventilació	26.515,85	10,66
Refrigeració per ventilació	5.386,51	2,17
Total	<b>248.673,23</b>	-

La ventilació obligatòria marcada pel Codi Tècnic, representarà un valor més petit degut a la utilització de recuperadors tèrmics a l'extracció d'aires. Degut a que no es pot utilitzar el terra radiant per a la refrigeració dels edificis, el sistema de fan-coils n'haurà d'assolir tota la demanda fent un energia anual total com la que es mostra a continuació. La refrigeració anirà sustentada en la seva totalitat per la bomba de calor.

**Taula 9.7.2.** Proporció d'energia destinada a cada tecnologia.

Distribució energia		
Tipus	Tecnologia	Energia
Calefacció	Terra radiant	180.176,49
Calefacció per ventilació	Fan-coils	26.515,85
Refrigeració	Terra radiant	-
Refrigeració per ventilació	Fan-coils	41.980,89

L'energia destinada a la refrigeració només incorpora la part de calor sensible, el canvi de temperatura de l'aire, però en el cas real també es produirà un procés de deshumidificació, per tal que l'aire que prové de l'exterior es tingui a unes condicions de salubritat òptimes, amb una humitat relativa del 50%.



## 10. Sistema de climatització

Un cop fets els càlculs energètics necessaris en els apartats anteriors, es pot fer el dimensionament dels sistemes de climatització recolzats a través d'un sistema de bomba de calor i un terra radiant recolzat a través d'energia solar tèrmica i una caldera de pellet auxiliar.

Per tal de dimensionar correctament els sistemes de climatització del tots els espais, es tindran en compte els dies més crítics, tant per fred o per calor.

Observant les dades climàtiques recollides entre els anys 2007 i 2008 s'han triat els dies més crítics trobats, els quals s'expressen a la següent taula.

**Taula 10.1.** Descripció dels dies crítics de la localització.

Dies crítics anuals		
Dies	Temperatura °C	Humitat mitjana
28 d'agost 2007	36,7	80
17 de de novembre 2007	-7,8	66

### 10.1. Sistema climatització

La potència per pèrdues és equivalent a la que es perd per les superfícies de l'espai i pel fet que l'aire provinent de l'exterior s'ha de climatitzar.

$$\text{Potència de pèrdues per transferència i ventilació} = Q_T + Q_E$$

(Eq. 10.1.1)

La potència necessària que s'ha de compensar amb un terra radiant i el sistema de ventilació.

$$\text{Potència necessària} = Q_T + Q_V$$

(Eq. 10.1.2)

La potència de ventilació serà igual a la suma de la potència que s'haurà de donar a l'aire de recirculació i la de l'aire provinent de l'exterior. On la potència de recirculació tendirà a zero en el cas que l'espai es trobi a les temperatures desitjades.

$$Q_V = Q_R + Q_E$$

(Eq. 10.1.3)

La fórmula completa que té en compte la potència necessària per climatitzar a través de terra radiant i el sistema de ventilació és la que es mostra a continuació.

$$Q_T + Q_E = U * A * \Delta T + V * \rho * C_p * \Delta T$$

(Eq. 10.1.4)

#### 10.1.1. Pèrdues per climatització per un dia extrem

El cas més extrem que es pot trobar el sistema de climatització és que el dia més extrem de temperatura, a -7,8 °C i 66 % d'humitat, es trobi a la mateixa temperatura exterior.

En aquest cas s'haurà d'aconseguir la temperatura de confort interior de 15°C, la qual cosa implica un sal tèrmic de 22,8 °C.

Agafant les transmissibilitats tèrmiques i superfícies de totes les parts components dels diversos edificis, i el diferencial de temperatura, es poden aconseguir les següents taules de valors amb les diverses potències.

$$Q_T = U * A * \Delta T$$

(Eq. 10.1.1.1)

**Taula 10.1.1.** Potència necessària per a calefacció del conjunt de la nau principal.

Potència calefacció nau principal			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de calefacció [kW]
Mur aïllat	0,6	1.664,30	22,1
Coberta aïllada	0,3	1.618,39	11,2
Terra aïllat	0,5	1.535,00	16,1
Noves obertures	1,5	389,25	13,7
Total	-	-	<b>63,1</b>



**Taula 10.1.2.** Potència necessària per a calefacció dels humidificadors.

Potència calefacció humidificadors			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de calefacció [kW]
Mur aïllat	0,6	477,7	6,3
Coberta aïllada	0,3	1.260,0	8,7
Terra aïllat	0,5	1028,8	10,8
Noves obertures	1,5	194,5	6,9
Total	-	-	<b>32,7</b>

**Taula 10.1.3.** Potència necessària per a calefacció dels batans.

Potència calefacció batans			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de calefacció [kW]
Mur aïllat	0,6	285,2	3,8
Coberta aïllada	0,3	548,3	3,8
Terra aïllat	0,5	591,0	6,2
Noves obertures	1,5	114,9	4,1
Total	-	-	<b>17,8</b>

**Taula 10.1.4.** Potència necessària per a calefacció dels antics habitatges.

Potència calefacció antics habitatges			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de calefacció [kW]
Mur aïllat	0,6	560,0	8,0
Coberta aïllada	0,3	393,9	2,7
Terra aïllat	0,5	369,0	3,9
Noves obertures	1,5	123,9	4,4
Total	-	-	<b>19,0</b>

**Taula 10.1.5.** Potència necessària per a calefacció de l'antic habitatge.

<b>Potència calefacció antic habitatge</b>			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de calefacció [kW]
Mur aïllat	0,6	460,1	6,6
Coberta aïllada	0,3	280,3	1,9
Terra aïllat	0,5	282,8	3,0
Noves obertures	1,5	124,9	4,4
<b>Total</b>	-	-	<b>15,9</b>

On el total de potència destinada a la calefacció serà la descrita a la següent taula:

**Taula 10.1.6.** Potència necessàries per a la climatització.

<b>Potència de calefacció</b>	
Edifici	Potència kW
Nau principal	63,1
Humidificadors	32,7
Batans	17,8
Habitatges	19,0
Antic habitatge	15,9
<b>Total</b>	<b>148,4</b>

Els locals tindran dues formes de calefacció, formades per el terra radiant i pel sistema de ventilació. L'últim haurà de tenir en compte les especificacions marcades pel CTE espanyol, que marca els cabal mínims dels espais.

La densitat de l'aire vindrà marcada per 1,2 kg/m<sup>3</sup> i una capacitat calorífica de 1,005 KJ/kg °C, i la diferència de temperatura serà igual a la marcada anteriorment de 22,8 °C.

$$Q_E = V * \rho * C_p * \Delta T$$

**(Eq. 10.1.1.2)**

**Taula 10.1.7.** Potència necessària per a calefacció per ventilació.

Potències de calefacció per ventilació				
Localització	Nivell	Cabal [m <sup>3</sup> /h]	Energia [kWh]	Potència [kW]
1-A	BAIX	4.095,00	31,30	31,30
1-A	PRIMER	4.095,00	31,30	31,30
1-A	ÀTIC	158,40	1,21	1,21
1-B	BAIX	1.035,00	7,91	7,91
2-A	BAIX	900,00	6,88	6,88
2-B	BAIX	585,00	4,47	4,47
2-C	BAIX	675,00	5,16	5,16
3-A	BAIX	2.655,00	20,30	20,30
3-B	BAIX	1.170,00	8,94	8,94
6-A	COMPLEX	2.217,60	16,95	16,95
7-A	BAIX	450,00	3,44	3,44
8-A	BAIX	585,00	4,47	4,47
8-A	PRIMER	585,00	4,47	4,47
Total	-	-	-	<b>146,81</b>

On la potència total de tot el sistema és igual a la suma de les dues pèrdues d'energia, fent un total de 294 kW de potència de calefacció. Aquest valor no serà el real, ja que el sistema de ventilació constarà de recuperadors de calor que escalfaran l'aire d'entrada fent el sistema més eficient.

## 10.2. Refrigeració

El sistema de refrigeració de tots els edificis es basarà en la bomba de calor, la qual farà un intercanvi de calor aigua aigua i es distribuirà per canonada d'aigua als diversos espais, i es prendrà la calor a través d'un sistema de fan-coils.

### 10.2.1. Pèrdues per refrigeració per un dia extrem

El sistema de refrigeració, a diferència del sistema de calefacció, només es recolza amb el sistema de ventilació, ja que el terra radiant s'ha desestimat per les humitats que es puguin produir.

Així doncs la fórmula de càlcul de la potència tèrmica queda simplificada a la següent expressió.

$$Q_E = V * \rho * C_p * \Delta T$$

On s'ha de tenir en compte que també hi haurà un sistema de recirculació per ventilació que normalment tindrà una diferència de temperatura molt petita.

El dia tipus que s'agafa per tal de fer el dimensionament és amb una temperatura exterior de 36,7 °C i 80 % d'humitat. En aquest cas s'haurà d'aconseguir la temperatura de confort interior de 21°C, la qual cosa implica un sal tèrmic de 15,7 °C.

**Taula 10.2.1.1.** Potència necessària per a refrigeració de la nau principal.

Potència refrigeració nau principal			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de refrigeració [kW]
Mur aïllat	0,6	1.664,30	15,2
Coberta aïllada	0,3	1.618,39	7,7
Terra aïllat	0,5	1.535,00	11,1
Noves obertures	1,5	389,25	9,5
Total	-	-	<b>43,4</b>

**Taula 10.2.1.2.** Potència necessària per a refrigeració dels humidificadors.

Potència refrigeració humidificadors			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de refrigeració [kW]
Mur aïllat	0,6	477,67	4,4
Coberta aïllada	0,3	1.259,97	6,0
Terra aïllat	0,5	1.028,78	7,4
Noves obertures	1,5	194,53	4,7
Total	-	-	<b>22,5</b>

**Taula 10.2.1.3.** Potència necessària per a refrigeració dels batans.

Potència refrigeració batans			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de refrigeració [kW]
Mur aïllat	0,6	285,2	2,6
Coberta aïllada	0,3	548,3	2,6

Potència refrigeració batans			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de refrigeració [kW]
Terra aïllat	0,5	591,0	4,3
Noves obertures	1,5	114,9	2,8
Total	-	-	<b>12,3</b>

Taula 10.2.1.4. Potència necessària per a refrigeració dels antics habitatges.

Potència refrigeració antics habitatges			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de refrigeració [kW]
Mur aïllat	0,6	560,0	5,5
Coberta aïllada	0,3	393,9	1,9
Terra aïllat	0,5	369,0	2,7
Noves obertures	1,5	123,9	3,0
Total	-	-	<b>13,1</b>

Taula 10.2.1.5. Potència necessària per a refrigeració de l'antic habitatge.

Potència refrigeració antic habitatge			
	U [W/m <sup>2</sup> *°C]	Superfície	Potència de refrigeració [kW]
Mur aïllat	0,6	460,1	4,5
Coberta aïllada	0,3	280,3	1,3
Terra aïllat	0,5	282,8	2,0
Noves obertures	1,5	124,9	3,0
Total	-	-	<b>10,9</b>

On la potència total de refrigeració es tradueix en:

Taula 10.2.1.6. Potència necessària per a refrigeració del complex.

Potència de refrigeració	
Edifici	Potència kW
Nau principal	43,4
Humidificadors	22,5
Batans	12,3
Habitatges	13,1

Potència de refrigeració	
Edifici	Potència kW
Antic habitatge	10,9
Total	<b>102,2</b>

Els locals tindran una sola forma de refrigeració, formada pel sistema de ventilació. S'hauran de tenir en compte les especificacions marcades pel CTE espanyol, que marca els cabal mínims dels espais.

La densitat de l'aire vindrà marcada per  $1,2 \text{ Kg/m}^3$  i una capacitat calorífica de  $1,005 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{C}$ , i la diferència de temperatura serà igual a la marcada anteriorment de  $22,8 ^\circ\text{C}$ .

$$Q_E = V * \rho * C_p * \Delta T$$

**Taula 10.2.7.** Potència necessària per a la refrigeració per ventilació.

Potències de refrigeració per ventilació				
Localització	Nivell	Cabal [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	Energia [kWh]	Potència [kW]
1-A	BAIX	4.095,00	21,55	21,55
1-A	PRIMER	4.095,00	21,55	21,55
1-A	ÀTIC	158,40	0,83	0,83
1-B	BAIX	1.035,00	5,45	5,45
2-A	BAIX	900,00	4,74	4,74
2-B	BAIX	585,00	3,08	3,08
2-C	BAIX	675,00	3,55	3,55
3-A	BAIX	2.655,00	13,98	13,98
3-B	BAIX	1.170,00	6,16	6,16
6-A	COMPLEX	2.217,60	11,67	11,67
7-A	BAIX	450,00	2,37	2,37
8-A	BAIX	585,00	3,08	3,08
8-A	PRIMER	585,00	3,08	3,08
Total	-	-	-	<b>101,09</b>

On la potència total de tot el sistema és igual a la suma de les dues pèrdues d'energia, fent un total de  $203,3 \text{ kW}$  de potència de calefacció. Aquest valor no serà el real, ja que el sistema de ventilació constarà de recuperadors de calor que refredaran l'aire d'entrada fent el sistema més eficient de la mateixa forma que s'ha produït en el subapartat anterior.

Per tal de tractar el cas més extrem de posada en marxa des de zero, és a dir que el local en troba a la temperatura extrema de l'exterior, no es tindran en compte els rendiments que aporten els recuperadors d'aire, ja que a les fases inicials no hi tindrien aportació.





## 11. Tecnologies estudiades

### 11.1. Aerogeneradors

Un aerogenerador és una màquina que té la capacitat de transformar la força provinent del vent en energia elèctrica. Aquesta tecnologia depèn directament de l'energia del vent, i es poden classificar segons la distribució del seu eix; horitzontal o vertical [65].

- Els aerogeneradors d'eix horitzontal es caracteritzen per fer girar les seves pales de forma perpendicular a la velocitat del vent. Aquests es classifiquen en lentes i ràpids, segons la velocitat de gir dels seus rotors, i solen connectar-se a la xarxa.



**Figura 11.1.1.** Aerogenerador d'eix vertical [66].

- Els aerogeneradors d'eix vertical les pales roten al voltant d'un eix vertical com el seu nom indica. Solen funcionar en illa i presenten tres avantatges respecte als d'eix horitzontal:
  - La subjecció de les pales és de fàcil disseny i execució.
  - No necessiten sistema d'orientació per captar l'energia del vent.
  - Fàcil ubicació del tren de potència, generador i transformador, a nivell del terra.

El rendiment però d'aquests aerogeneradors es troba per sota de la mitjana, fet que la indústria ha volgut apostar per a la tecnologia d'eix horitzontal.

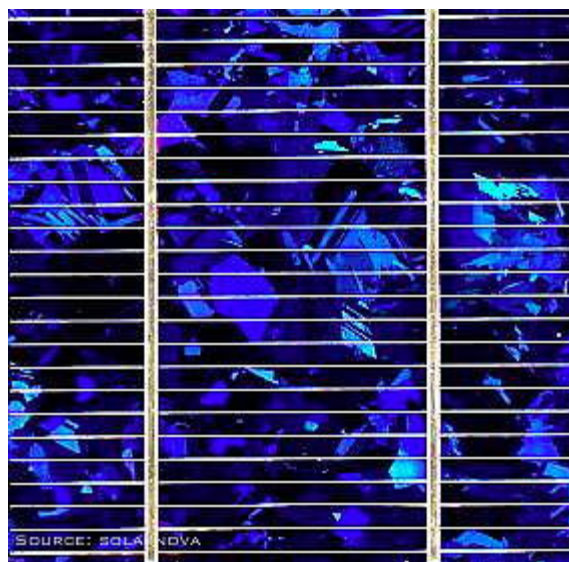
Per dur a terme el projecte, amb les poques quantitats de vent i pel fet que serà usat de mode divulgatiu, s'escollirà la tecnologia d'eix vertical.



**Figura 11.1.2.** Aerogenerador d'eix vertical [67].

## 11.2. Captadors fotovoltaics

Els captadors fotovoltaics Tenen la capacitat de transformar l'energia provinent de la llum en una diferència de potencial elèctric. Estan compostats de materials semiconductors com per silici, posseeixen en el seu interior dues menes de semiconductors, intrínsecs o bé extrínsecs. Quan els dos materials es troben propers amb la incidència de llum, es produeix l'efecte fotoelèctric pel fet que els fotons que xoquen amb els materials semiconductors fan saltar els electrons de l'última capa de valència, produint així una diferència de potencial entre els dos materials (pols). Així doncs el funcionament dels panells fotovoltaics està directament relacionat amb la incidència de la llum solar.



**Figura 11.2.1.** Exemple de placa fotovoltaica policristal·lina [62].

Es poden distingir tres tipus de captadors solars fotovoltaics segons el material del que estiguin compostos; monocristal·lí, amb una eficiència d'entre el 15 % i el 18 %; policristal·lí, amb una eficiència d'entre el 12 % i el 14 % i l'amorf que té una eficiència de menys del 10%.

### **11.3. Captadors solars tèrmics**

La principal característica que recullen aquests tipus de panells és la capacitat que tenen per absorbir l'energia solar per tal d'escalfar de forma directa aigua. Les diferents tecnologies de captadors solars només varien la forma d'absorbir la seva energia concentrant-la o bé el sistema d'aïllament de l'aigua calenta de l'ambient, per tal d'augmentar-ne l'eficiència i per tant aconseguir més temperatura d'aigua.

#### **11.3.1. Captadors solars tèrmics plans**

La tecnologia de captadors solars tèrmics és de les més senzilles que existeix. El seu principal funcionament és tenir una superfície amb un color fosc que permeti la màxima absorció d'energia provinent de la radiació solar. Normalment per la superfície de captació hi passa un serpentí amb aigua per tal de ser escalfada. També posseeix una capa de vidre que crea una efecte hivernacle, produint un aïllament tèrmic i fent augmentar així la temperatura del sistema i per tant l'eficiència. L'aigua que recorre el circuit sol contenir líquid anticongelant, per tal d'evitar congelacions en condicions de fred que produeixen congelacions i els seus conseqüents desperfectes. Amb aquesta tecnologia es recomana no passar mai la col·locació de 4 panells en sèrie pel fet que es podria arribar al punt d'ebullició de l'aigua fet que seria perillós per a la integritat de la instal·lació per l'augment de pressió que es produiria.



**Figura 11.3.1.1.** Exemple d'instal·lació solar tèrmica amb tubs de buit [61].

### 11.3.2. Captadors solars tèrmics per tubs de buit

La tecnologia de captadors solars amb tubs de buit, és considerada una tècnica molt més eficient que els captadors solars tèrmics convencionals. Aquest fet és degut a l'aïllament existent entre el fluid calor portador que utilitzen el panells, i l'ambient. Amb aquesta tecnologia s'aconsegueixen unes temperatures superiors per tal d'escalfar ACS a més temperatura amb la mateixa superfície.



**Figura 11.3.2.1.** Exemple d'instal·lació solar tèrmica amb tubs de buit [60].

## 11.4. Bomba de calor

Segons es descriu el manual de l'aire condicionat [34], les màquines de refrigeració convencionals, de compressió-expansió amb canvi d'estat, produeixen fred al evaporador i dissipen la calor en el condensador extreuen calor de l'interior i el bolquen a l'exterior del recinte que es desitja climatitzar. Una bomba de calor, en essència, és una màquina frigorífica que s'utilitza per extreure calor de l'exterior per conduir-lo, directe o indirectament, a l'interior del recinte.

El nom de bomba de calor ve donat pel fet que aquest sistema és capaç de bombejar calor d'un cos menys calent a un més calent, és a dir que la calor circula en el sentit invers al natural, i per aquesta raó, s'ha de consumir energia.

La bomba de calor té la particularitat que en èpoques caloroses funciona com equip de refrigeració, en èpoques hivernal com a equip calefactor i en èpoques intermitges pot fer simplement un intercanvi de calor, en alguns casos, pot simplificar notablement la instal·lació de climatització i aportar un considerable estalvi econòmic i energètic.

Aquesta tecnologia es classifica en funció de la substància d'on s'extreu la calor (evaporador) i a la substància a qui es cedeix la mateixa (condensador), i es denominen indicant-ne primer la font.

- **Aire-Aire:** Extreuen calor d'una massa d'aire fred i l'entreguen a una corrent d'aire més calent.
- **Aire-Aigua:** Extreuen calor d'una massa d'aire fred i l'entreguen a una corrent d'aigua més calenta.
- **Aigua-Aire:** Extreuen calor d'una massa d'aigua freda i l'entreguen a una corrent d'aire més calent.
- **Aigua-Aigua:** Extreuen calor d'una massa d'aigua freda i l'entreguen a una corrent d'aigua més calenta.

## 11.5. Fan-Coils

Els fan-coils són equips aigua-aire, que en termes generals no són més que un dispositiu format per una bateria o intercanviador de fred o de calor (coil) i un ventilador (fan)[39].

Són amb naturalesa compacta, que les fa ocupar poc espai i els converteix en una alternativa molt popular. És comú trobar-los tant en superfícies residencials com en comerços i altres instal·lacions terciàries, sobre tot en aquelles grans dimensions.



**Figura 11.5.1.** Exemple fan-coil [68].

Els fan-coils es poden classificar en funció del nombre de tubs que els arriben:

- **Fan-coils de dos tubs:** Tenen un tub d'impulsió o d'anada i un altre de tornada. El tub proporciona aigua freda o calenta en funció del moment de l'any. Tant sols poden proporcionar o fred o calor a la vegada, però no les dues. El seu cost no és elevat.
- **Fan-coils de quatre tubs:** Tenen dos tubs d'impulsió i dos de retorn. Cada circuit funciona independentment, pel que poden produir fred i calor simultàniament. El seu ús s'associa amb un major confort. Aquest tipus de fan coils són corrents en grans superfícies com oficines, hospitals, grans magatzems, etc. El seu cost és més elevat.

## 11.6. Terra radiant

Actualment a la Unió Europea un terç de l'energia consumida es destina a escalfar aigua per cobrir la demanda d'ACS i calefacció, és per això que s'han adoptat en els últims anys mesures que promoguin la reducció del consum energètic basades totes elles en el protocol 20-20-20, que recull les directives; "Eficiència energètica de los edificios (EPBD)", "Disseny ecològic de los componentes que consumen energía" i "Uso de fuentes renovables" [9].

Els sistemes de climatització radiant de baixa temperatura, són els sistemes que millor s'ajusta a la emissió de calor del cos humà per radiació, convecció i conducció.

La sensació de temperatura de les persones equival a la denominada temperatura operativa. Aquesta temperatura operativa a l'interior dels edificis, equivalent al valor pro mig entre la temperatura de l'aire i la temperatura radiant mitjana dels sòls, sostres, parets, portes, finestres... De forma que es podria mantenir la temperatura radiant de cada superfície. A l'hivern, per tractar-se de sistemes radiants en mode de calefacció, només caldria mantenir la temperatura de l'aire i augmentar la temperatura radiant de les superfícies de l'habitació, aconseguint-se així la temperatura de confort desitjada sense la necessitat d'actuar sobre un gran volum d'aire [9].

El control i la gestió dels sistemes de climatització radiant és important el concepte de la temperatura operativa, que depèn de la temperatura interior seca de l'aire i de la temperatura de radiació de les superfícies que rodegen l'habitació.

Segons la norma ISO 7243, la temperatura operativa o també coneguda temperatura real percebuda, és la mitjana aritmètica entre la temperatura radiant i la temperatura seca de l'aire. Aquesta definició només és vàlida si la velocitat de l'aire és igual o inferior a 0,2 m/s [9].



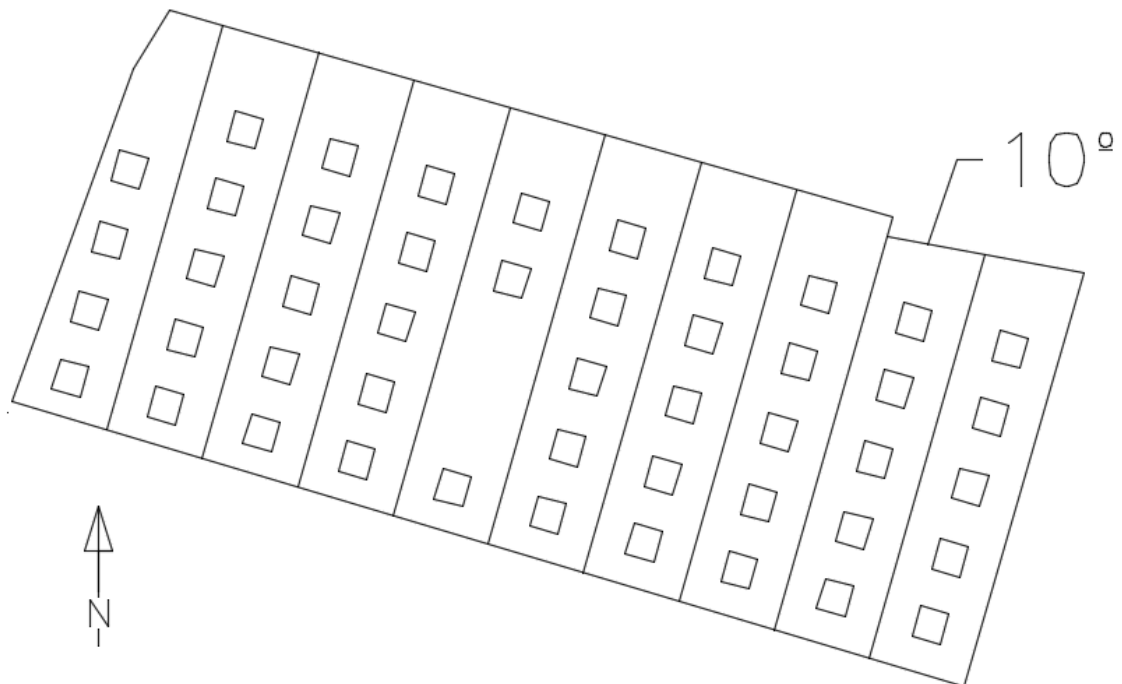


## 12. Hipòtesis estudiades per les diferents tecnologies

### 12.1. Hipòtesi dels captadors fotovoltaics

El plantejament que s'ha fet per a la instal·lació de tecnologia fotovoltaica és cobrir el màxim de superfície de la coberta del local industrial de 2.368,44 m<sup>2</sup>. Cal tenir en compte que la superfície de la coberta no és regular, ja que aquesta està formada per una teulada en forma de serra i posseeix unes finestres per a il·luminar naturalment el local.

Per dur a terme aquest projecte s'han triat els panells de la marca Jinko Solar, en concret el model JKM330P, les dimensions del qual són de 1956x992x40 mm i la potència de 330 Watts [63].



**Figura 12.1.1.** Esquema de la coberta de la nova nau industrial. [Font: Pròpia]

Aquesta tipologia de coberta complica la instal·lació dels panells, ja que el pendent de la serra està en orientació est-oest, i l'orientació més correcta per a panells solars és la sud. Tampoc es podran tapar les obertures de la coberta, per tal de no afectar a l'activitat actual.

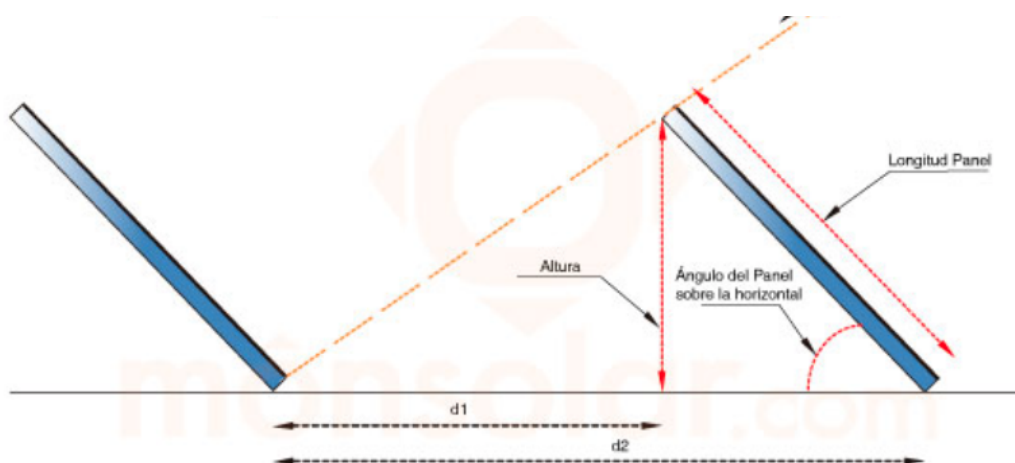
Per aquests projectes es plantejaran diverses hipòtesis d'instal·lació per tal de poder extreure quina seria la millor combinació per extreure el màxim d'energia elèctrica.

### 12.1.1 Hipòtesi dels captadors fotovoltaics col·locats amb orientació sud a 30°

L'elecció més corrent per als panells solars és l'orientació sud, ja que és on es troba el Sol en el seu recorregut diari en el seu punt més alt i per tant potent. És a dir, que s'aconsegueix el màxim aprofitament de l'energia procedent de l'astre, per als panells estàtics. Per aquest motiu s'ha analitzat el d'orientació sud amb diverses inclinacions per tal de poder fer un anàlisi al més exhaustiu possible. Els panells s'han de d'instal·lar separats, per tal de no generar ombres entre els panells. Per tal de resoldre aquest aspecte, s'ha usat la calculadora en línia de la pàgina web Monsolar [5], la qual ha donat una separació de 1,088 metres entre les files(d1), de plaques.

**Taula 12.1.1.1** Distància col·locació panells fotovoltaics a latitud de 42° [Font: Monsolar 5]

Distància entre panells a la latitud de 42°		
Inclinació sobre l'horitzontal	Distància mínima [m]	Distància recomanada [m]
0°	0	0
15°	0,563	0,704
30°	1,088	1,36
42°	1,457	1,821
55°	1,783	2,229



**RESULTADOS:**

**d1 mínima:** Distancia desde el FINAL del 1º panel hasta el PRINCIPIO del 2º panel

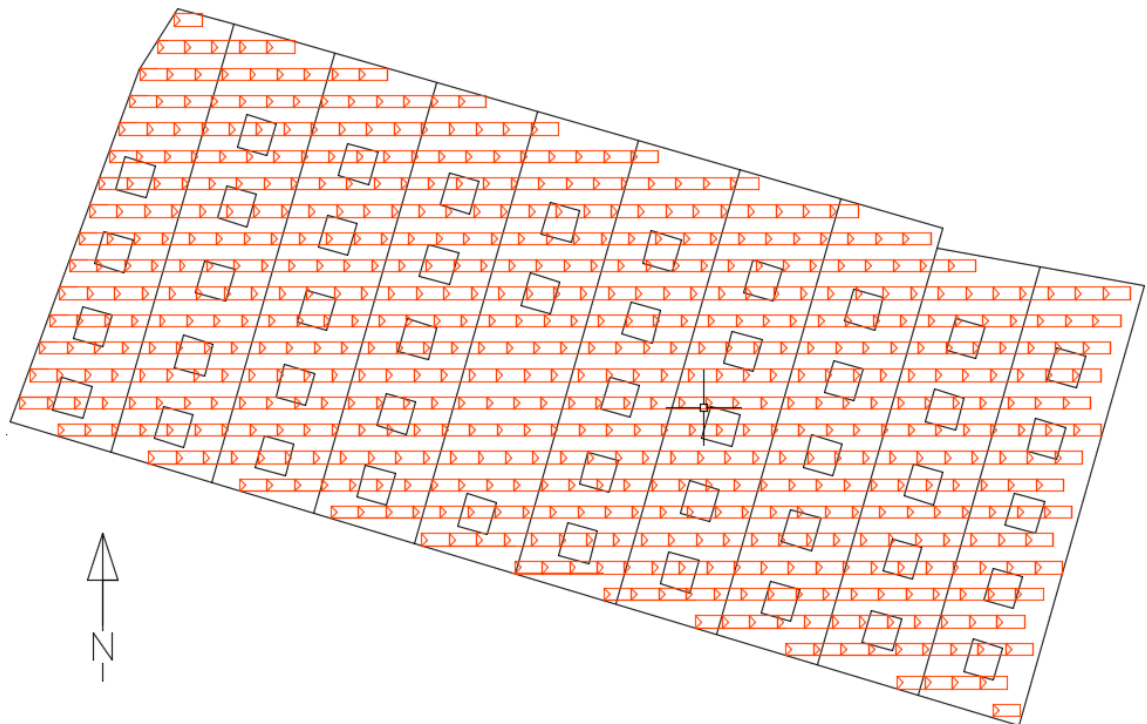
**d2 mínima:** Distancia desde el PRINCIPIO del 1º panel hasta el PRINCIPIO del 2º panel

**d1 Recomendada:** Distancia d1 Recomendada (d1 + un 25%)

**d2 Recomendada:** Distancia d2 Recomendada (d2 + un 25%)

**Figura 12.1.1.1** Distància col·locació panells fotovoltaics [Font: Monsolar 5]

Amb aquesta informació, les dimensions de la coberta i la distribució de les obertures a la coberta, es podrà determinar el nombre de panells que s'hi poden col·locar, així com l'energia extreta.



**Figura 12.1.1.2** Distribució del panells amb inclinació de 30° amb orientació sud. (Font: Pròpia )

En concret el nombre de plaques amb orientació sud i inclinació de 30°, que es podran instal·lar a la coberta de la nau industrial, serà de 579. Cal afegir que a totes les plaques col·locades en orientació sud, s'han menystingut les obertures de la cobertura, tot i perdre potència lumínica, encara rebran radiació difusa que farà que la il·luminació encara sigui vàlida. També cal dir que l'estructura ha estat dissenyada per tal que estiguin en un pla perfecte sobre la coberta, fet que s'haurà de tenir en compte a l'hora de dissenyar l'estructura de suport.

Amb aquest nombre de plaques hi haurà instal·lada una potència 191,07 kW que donarà una energia anual total de 290.000 kWh calculats a través de la pàgina web PVGIS [3].

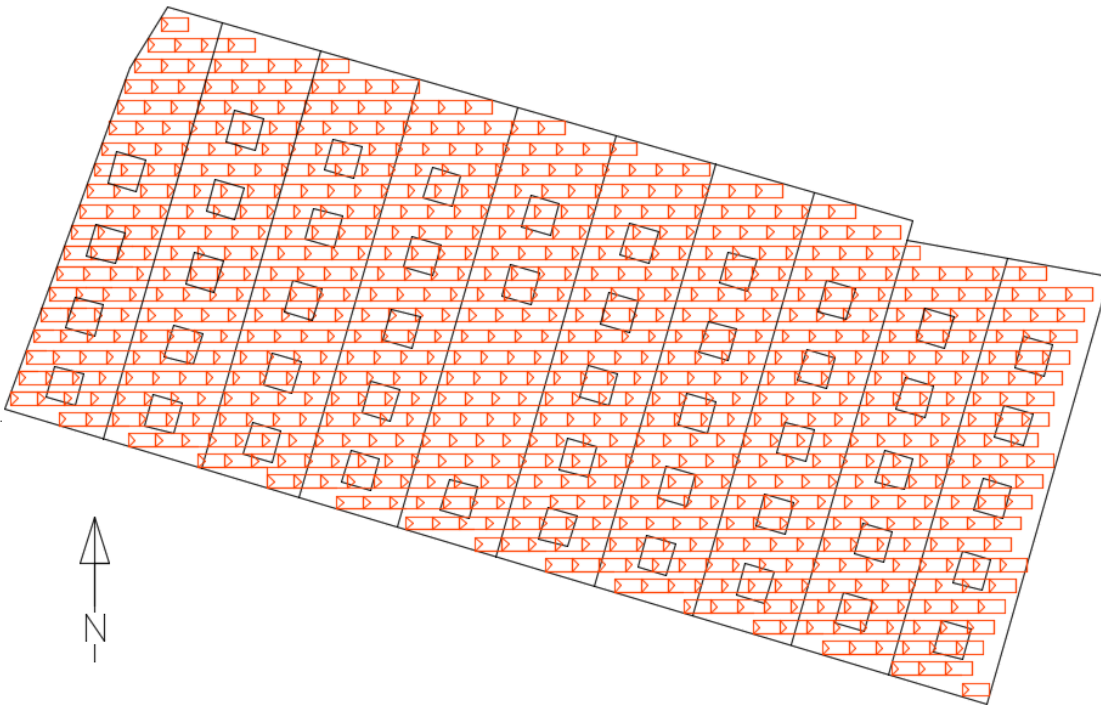
### 12.1.2 Hipòtesi dels captadors fotovoltaics col·locats amb orientació sud a 15°

De la mateixa manera que en l'apartat anterior i usant-ne les dades, es fa un càlcul del nombre de plaques i distribució de les mateixes. Aquesta nova inclinació, afavoreix a la protecció de la instal·lació davant l'afecte vela. Per altra banda també afavoreix a generar menys ombres i per tant poder col·locar

els panells més junts, l'únic fet que resta en aquesta opció és que els panells absorbin menys radiació solar i per tant menys energia.

Un cop plantejades les noves condicions i inserides a la pàgina web de Monsolar [5], es marca que la separació entre les plaques haurà de ser de 0,704 metres.

Així doncs s'obtindrà la següent distribució:



**Figura 12.1.2.1.** Distribució dels panells amb inclinació de  $15^\circ$  amb orientació sud. [Font: Pròpia]

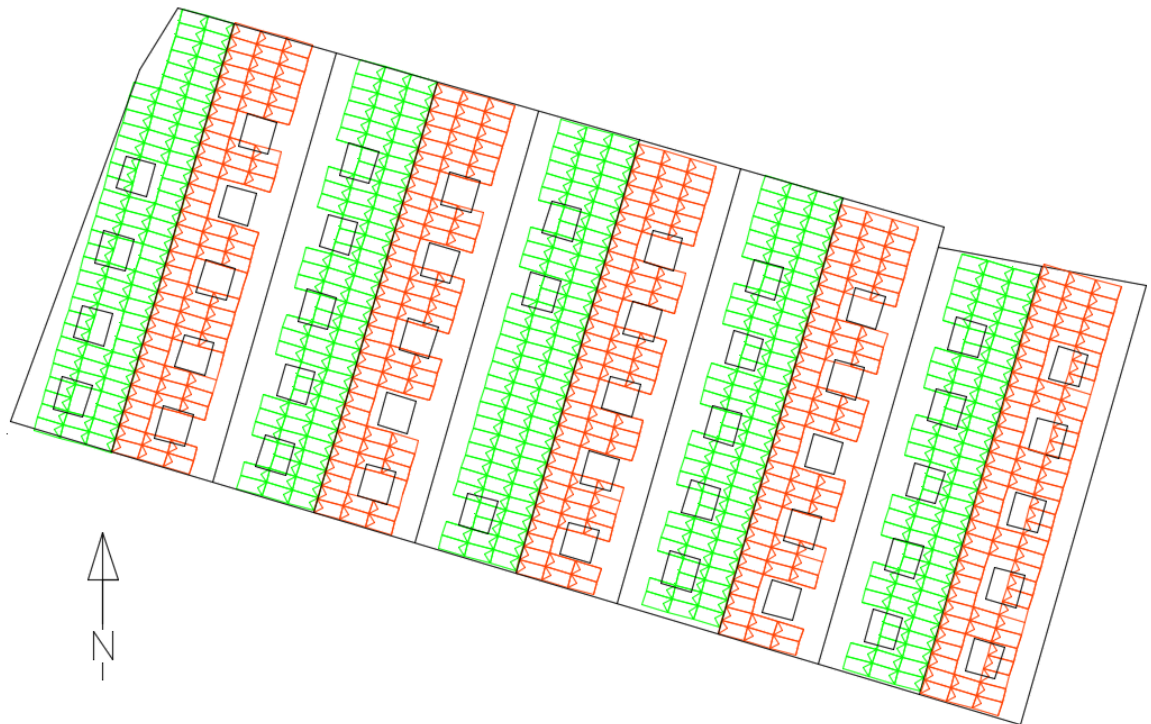
D'acord amb la distribució mostrada a la figura anterior, el nombre de panells solars que es poden col·locar a la coberta amb una inclinació de  $15^\circ$  serà de 752. En conjunt, aquests panells tindran una potència de 248,16 kW que generaran un total d'energia de 357.000 kWh a l'any, segons el calculador PVGIS[3].

### 12.1.3 Hipòtesi dels captadors fotovoltaics col·locats coplanars amb orientació est-oest

Una de les hipòtesis que s'ha plantejat per tal de resoldre la complexitat de la coberta, on s'han d'instal·lar els captadors, és l'orientació est-oest. Aquesta elecció facilita la instal·lació dels panells, ja que aniran coplanars a la cobertura actual i no caldria una infraestructura complexa. Cal tenir en

compte que aquesta distribució afavoreix l'aprofitament de la superfície útil, ja que els panells no generen ombres als altres, ni a les obertures de la coberta. Aquesta distribució no és tant eficient, però s'acaba aprofitant millor la superfície i l'energia de les primeres i últimes hores del dia. A part que les plaques funcionarien només la meitat del dia.

Les característiques del taulat fan que per maximitzar el nombre de plaques que s'hi poden instal·lar, s'han de col·locar combinant l'orientació vertical i horitzontal de les plaques. Com que també s'han de tenir en compte els possibles costos de l'estructura on aniran muntades les plaques, s'ha optat per instal·lar totes les plaques en orientació vertical primerament. Amb aquesta distribució, cada aigua de la coberta tindrà tres files de plaques col·locades verticalment, amb l'acceptació de l'aigua que queda a la més oest amb orientació oest. La qual per la forma de l'edifici veu reduïda la seva àrea, és per això que una de les files de plaques aniran col·locades horitzontalment, tal com es mostra a continuació.



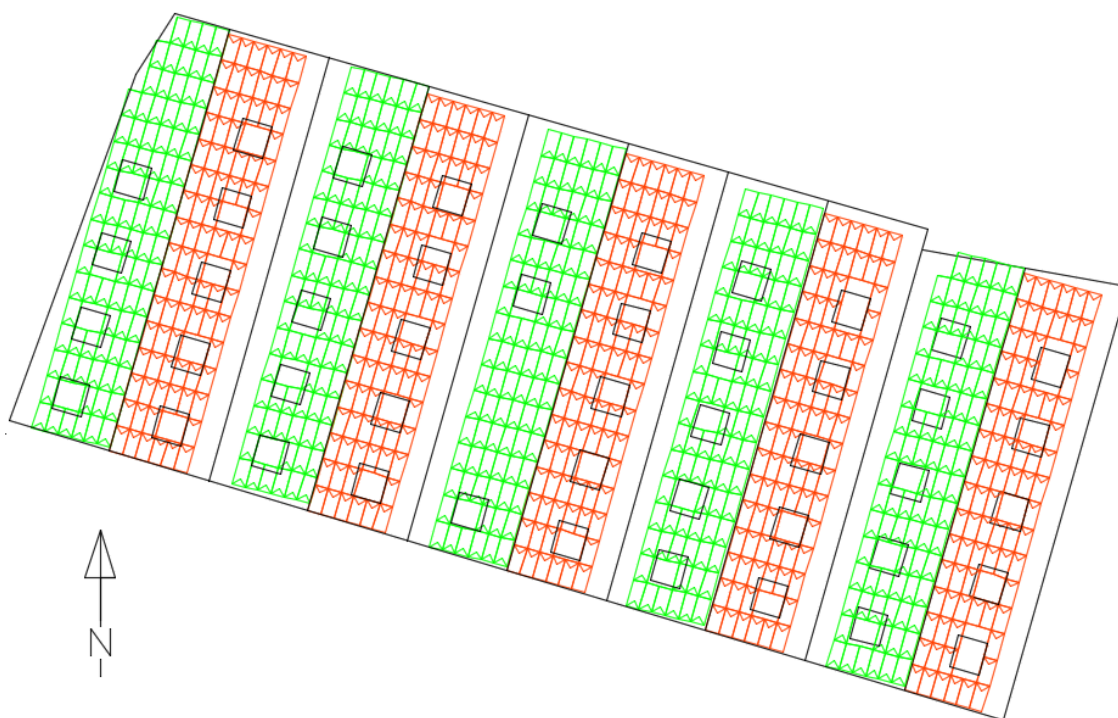
**Figura 12.1.3.1** Distribució dels panells fotovoltaics verticals amb orientació est-oest. [Font: Pròpia]

La distribució de les plaques queda de la següent manera:

**Taula 12.1.3.1** Distribució dels panells fotovoltaics amb orientació est-oest en funció d'elles aigües. [Font: Pròpia]

Distribució de plaques			
Secció	Orientació	Nº Plaques	Col·locació
A	Est	80	Vertical
B	Oest	81	Vertical
C	Est	72	Vertical
D	Oest	85	Vertical
E	Est	76	Vertical
F	Oest	90	Vertical
G	Est	74	Vertical
H	Oest	84	Vertical
I	Est	74	Vertical
J	Oest	80	Vertical
Total	-	<b>796</b>	-

Amb aquestes dades es pot calcular l'energia que proporciona el total de plaques que conforma la instal·lació, la qual és de 161.000 kWh a la banda est i 172.000 kWh a la banda oest fent un total de 333.000 kWh a l'any, segons el calculador PVGIS [3]. Un fet particular és l'ombra que pot arribar a fer la pròpia teulada sobre les plaques, però al tenir solament una inclinació del 10º no es tindrà en compte. Per aquest fet i per tal de tenir les plaques més alineades entre elles per característiques d'estructura, també s'ha fet el disseny amb distribució horitzontal.



**Figura 12.1.3.2** Distribució dels panells fotovoltaics horitzontals amb orientació est-oest. [Font: Pròpia]

La distribució de les plaques queden repartides de la següent manera:

**Taula 12.1.3.2** Distribució dels panells fotovoltaics amb orientació horitzontal est-oest en funció de les aigües.

Distribució de panells			
Secció	Orientació	Nº Plaques	Col·locació
A	Est	82	Horitzontal
B	Oest	85	Horitzontal
C	Est	84	Horitzontal
D	Oest	86	Horitzontal
E	Est	86	Horitzontal
F	Oest	90	Horitzontal
G	Est	86	Horitzontal
H	Oest	86	Horitzontal
I	Est	86	Horitzontal
J	Oest	84	Horitzontal
Total	-	<b>855</b>	-



Es pot comprovar com amb l'orientació horitzontal s'aprofita molt millor la superfície útil, i se simplifica l'estructura on aniran muntats els panells fotovoltaics, a part que millora el rendiment, afectat per les ombres de les part baixes de les aigües de la teulada. La producció elèctrica d'aquesta combinació és de 182.000 kWh a la banda est i 176.000 kWh a la banda oest fent un total de 358.000 kWh a l'any, segons el calculador PVGIS [3].

#### 12.1.4. Hipòtesis del material necessari pel correcte funcionament de la coberta

En el projecte s'haurà de fer una distribució dels panells solars per poder-los controlar través de diversos controladors MPPT, per tal de maximitzar-ne el rendiment.

##### 12.1.4.1. Distribució dels panells fotovoltaics

Els panells primerament estaran distribuïts en dos part, la banda est i la banda oest respectivament. Es fa aquesta separació perquè segons els instants del dia un camp funcionarà a un rendiment diferent que les altres a causa de les característiques solars. Per aquest fet i agafant el cas amb més producció solar, el qual són el panells coplanars a la coberta i amb orientació est-oest, es pot extreure que el camp solar orientat estarà distribuït de la següent manera:

**Taula 12.1.4.1.1.** Distribució dels panells fotovoltaics respecte l'orientació

Distribució de panells		
Orientació	Nº Plaques	Potència [kW]
Est	424	139,92
Oest	431	142,23

Un cop feta aquesta divisió es pot procedir a fer la divisió en grups de plaques compatibles amb els diversos elements de la instal·lació.

##### 12.1.4.2. Distribució dels panells

Per tal d'obtenir el màxim rendiment del camp i que sigui el més econòmic possible s'han de tenir en compte els aparells que s'utilitzaran. En aquest cas al tenir unes potències per camps fotovoltaics tan grans és recomanable fer una partició de potències a diversos equips més petits, per tal de tenir el sistema sectoritzat. Per altra banda, per tal d'abaratir el projecte s'optarà per tenir el mínim d'aparells, en concret dos inversors, un per cada camp.



Per aquest cas s'ha optat per la instal·lació de dos inversors 3Play sèrie TL Versió PRO de la marca Ingeteam [47]. Aquest model compta amb seccionador DC, Descarregadors DC i AC de tipus 2, fusibles DC i un kit de mesura de tensions. El voltatge màxim admès és de 1000 V.

**Taula 12.1.4.2.1.** Taula de característiques DC de l'inversor de Ingeteam [47].

Valors de entrada DC	
Rang pot. Camp FV	113,3-160 kWp
Rang de tensió MPP	627-850 V
Tensió màxima	1.100 V
Corrent màxima	185 A
Corrent de C.C.	240 A
Entrades	24
MPPT	1

**Taula 12.1.4.2.2.** Taula de característiques AC de l'inversor de Ingeteam [47].

Valors de Sortida (AC)	
Potència Nominal	110 kW
Màx Temp. a potencia nominal	50 °C
Corrent màxima	145 A
Tensió màxima	440 V
Freqüència nominal	50/60 Hz
Factor de potència	1

Un cop especificades les característiques tècniques els inversors, només falta calcular la distribució més idònia pel les diferents branques de plaques que constituiran el camp. Per aquest motiu caldrà tenir en compte les característiques de funcionament dels panells, les quals queden variades respecte el seu catàleg pel fet de no trobar-se en condicions estàndard. En concret, es calcularà la seva variància a temperatures baixes, on el seu voltatge de funcionament augmentarà, en funció de les especificacions marcades al manual [48].

**Taula 12.1.4.2.3.** Taula de característiques de les plaques solars JinkoSolar [48].

Característica JinkoSolar 330 W	
Potència màxima (Pmax)	330 Wp
Voltatge màxim (Vmp)	37,8 V
Tensió màxima (Imp)	8,74 A
Voltatge circuit obert (Voc)	46,9 V
Tensió de curtcircuit (Isc)	9,14 A
Eficiència	17,01 %
Voltatge màxim del sistema	1.000 VDC
Coefficients de temperatura per Voc	-0,31 %/°C

Les característiques de la placa venen preses amb unes condicions de temperatura de 25°C i una irradiància de 1.000 W/m<sup>2</sup>. Aquest fet implica que hi haurà una variació del voltatge produït per les plaques, el qual es calcula a continuació.

$$Voltatge(T)[Volts] = Voltatge\ nominal\ [Volts](1 - 0,0031[1/^{\circ}C] * \Delta T[^{\circ}C])$$

(Eq. 12.1.4.1)

on substituint els diversos valors proporcionats pel fabricant a una temperatura de 0°C per representar unes condicions de treball extremes a les que el camp podrà treballar. En pocs casos s'assoleixen temperatures inferiors a la marcada i condicions de d'irradiància suficients, en el cas d'ocórrer el camp no treballarà fins a assolir la temperatura de funcionament. No s'ha estudiat el comportament del voltatge a les plaques amb temperatures més altes, ja es volen estudiar els casos extrem de voltatge, i degut a que en condicions de temperatures superiors al 25°C el rendiment dels components que conformen les plaques disminueix i així com el seu voltatge.

$$Voltatge\ màxim\ (0)[Volts] = 37,8 * (1 - 0,0031 * (0 - 25)) = 40,73\ Volts$$

$$Voltatge\ Circuit\ Obert\ (0)[Volts] = 46,9 * (1 - 0,0031 * (0 - 25)) = 50,53\ Volts$$

Es pot veure com el component més restrictiu que tindrà el camp és el marcar per les pròpies plaques que admeten un voltatge màxim de funcionament de 1.000 volts envers els 1.100 que accepta l'inversor estudiat. Treballant amb els valors calculats i els valors restrictiu es pot extreure que el màxim nombre de paques per branca no podrà sobrepassar el següent valor:

$$Nombre\ de\ plaques\ per\ branca = \frac{1.000\ Volts}{50,53\ Volts} = 19,79\ Plaques$$

Aquest fet farà que els camps tinguin branques de com a màxim 19 plaques, per aquest motiu i per tenir equilibrades totes les línies, es faran totes de 19, fet que farà descartar-ne alguns elements.

$$\text{Nombre de plaques del camp est} = \frac{424 \text{ Plaques}}{19 \text{ Plaques}} = 22,31 \text{ Branques}$$

Aquest nombre indica que solament podran anar 22 branques fent un total de 418 plaques pel camp est i per l'ondulador del mateix camp.

$$\text{Nombre de plaques del camp oest} = \frac{431 \text{ Plaques}}{19 \text{ Plaques}} = 22,68 \text{ Branques}$$

Novament el camp s'haurà de reduir del dimensionament fet anteriorment. Els dos camps tindran el mateix nombre de plaques i d'onduladors. El camp de 836 plaques i una potència de 275,88 kW tindrà de forma estimada una producció energètica de 388.000 kWh anuals [3].

#### 12.1.4.3. Dimensionament del cablejat per DC

Els dos camps fotovoltaics tindran un total de 22 branques, les quals aniran connectades, cadascuna de forma individual a l'ondulador que posseeix 24 entrades DC, aquest fet a diferència del que representa pel voltatge, que se sumen en les plaques en sèrie, la intensitat es manté com si es tractés d'una placa individual.

Amb les suficients característiques conegudes es pot compondre la següent fórmula per línies monofàsiques [50]:

$$S = \frac{2 * \rho * L * I * f dp}{\Delta V}$$

On:

- **Caiguda de tensió[V] ( V ),** ve marcada pel nombre de plaques de cada branca i per percentatge de caiguda marcat amb un 0,6 %. En aquest cas les branques estan conformades per 19 plaques de 37,8 V cadascuna fent un total de 718,2 volts de caiguda de tensió a cada branca.
- **Corrent [A] (I),** és la intensitat màxima que aguantarà cada branca. En aquest cas com que no hi haurà branques interconnectades, serà la mateixa que tindrà una placa, en concret la intensitat marcada pel catàleg del fabricant de les plaques, fixada en 9,14 amperes.
- **Longitud del tram [m] (L),** és equivalent a la longitud de cada branca fins a connectar amb l'ondulador corresponent, en aquest cas marcats pel tram més llarg de 80 metres.

- **Resistivitat del coure [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ] ( $\rho$ )**, la conductivitat del coure ve marcada per 0,0174 a 20°C [51].
- **Secció del conductor [ $\text{mm}^2$ ] ( $S$ )**, que en aquest cas és el valor que s'està buscant.
- **Factor de potència ( $\text{fdp}$ )**, aquest factor varia en funció de receptors de l'energia. Se sol utilitzar un factor de 1 per a receptors generals, 0,9 per a vivendes, 0,9 o 0,8 per a motors, 0,8 per a locals comercials [51]. Per aquest cas s'utilitzarà el dimensionament de 1 que és el que marca la sortida de l'inversor.

Seguint les característiques consultades es pot constituir l'equació següent:

$$S = \frac{2 * 0,0174 * 80 * 9,14 * 1}{718,2 \text{ V} * 0,006} = 5,90 \text{ mm}^2 \simeq 6 \text{ mm}^2$$

Les línies de corrent continu de totes les branques que han d'abocar l'energia generada pels panells solars als diversos onduladors, seran constituïdes per cables de coure d'una secció mínima de 5,80  $\text{mm}^2$ . La secció de cablejat normalitzada que més s'acostarà a aquest valor per sobre és de 6  $\text{mm}^2$ .

#### 12.1.4.4. Dimensionament del cablejat per AC

El tram de cablejat per a corrent continu que s'ha de dimensionar, correspon als cables que surten dels onduladors i que aniran, o bé als punts de consum o bé a la connexió a la xarxa per tal de vendre l'energia excedent.

Es busca a la Guia Tècnica d'Aplicació feta pel Ministeri de Ciència i Tecnologia [58], la qual dicta el càlcul de les caigudes de tensió. Queda marcat que per la instal·lació descrita és necessari tenir en compte una caiguda de tensió del 1,5 %. Com que la caiguda de tensió queda distribuïda des del punt de generació fins al punt d'entrega, es defineix que el cablejat de la part de continu tindrà una caiguda de tensió del 0,6% de caiguda, i que el d'alterna serà dimensionat amb una caiguda del 0,9 %.

Degut al canvi de tipologia de corrent que hi ha, la fórmula de càlcul de la tensió variarà de la següent forma:

$$S = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \text{fdp}}{\Delta V}$$

On els diversos camps es defineixen com:

- **Caiguda de tensió[V] ( $\Delta V$ )**, ve marcada pel la tensió nominal de la línia trifàsica marcat per 400 V i amb un percentatge de caiguda de tensió de 0,9 %.

- **Corrent [A] (I)**, és la intensitat màxima que ha d'aguantar cada branca del cablejat de trifàsica. En concret, hi haurà dos sortides de trifàsica, una per cada un dels onduladors. Cada ondulador segons les seves fitxes tècniques proporcionen una potència de 100 kW i una intensitat és capaç de proporcionar una potència de 100 kW. Corrent màxima pel ondulador marcada en 145 ampers.
- **Longitud del tram [m] (L)**, és la longitud que haurà de cobrir el cablejat des de la sortida dels onduladors fins al punt de destí, en aquest cas s'ha fet una estimació de 40 metres.
- **Resistivitat del coure [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ] (p)**, la conductivitat del coure ve marcada per 0,0174 a 20°C [51].
- **Secció del conductor [ $\text{mm}^2$ ] (S)**, que en aquest cas és el valor que s'està buscant.
- **Factor de potència (f.d.p.)**, aquest factor varia en funció de receptors de l'energia. Se sol utilitzar un factor de 1 per a receptors generals, 0,9 per habitatges, 0,9 o 0,8 per a motors, 0,8 per a locals comercials [51]. Per aquest cas s'utilitzarà el dimensionament de 1 que és el que marca la sortida de l'inversor.

Seguint les característiques consultades es pot constituir l'equació següent:

$$S = \frac{\sqrt{3} * 0,0174 * 40 * 145 * 1}{400 * 0,009} = 48,55 \text{ mm}^2 \simeq 50 \text{ mm}^2$$

La secció mínima del cablejat haurà de ser de 48,55 mm<sup>2</sup>, i la secció de cable normalitzat que més s'acosta per sobre és de 50 mm<sup>2</sup>.

## 12.2. Hipòtesi de l'aerogenerador

El cas que engloba la instal·lació d'un mini aerogenerador, serà un cas de simple exemple, ja que la localització on es troben les instal·lacions, tal com s'ha mostrat en apartats anteriors, té uns històrics de vent que no aconsellen la col·locació d'aquest tipus de tecnologia per l'escassa quantitat de vent. En el cas de voler-lo instal·lar a la coberta dels edificis situats més al sud, pel fet que estadísticament les ratxes de vent provenen d'aquella orientació i per tal que l'edifici principal (més voluminós) no li generi pertorbacions. L'aerogenerador haurà de ser d'eix vertical, que és la tecnologia que més pot aprofitar aquestes característiques de vent.

Per aquest projecte s'ha triat l'aerogenerador d'eix vertical UGE-300 [53], el qual té una potència nominal de 400 W i una sortida de corrent continu de 12 volts. Té una velocitat del vent d'arrencada de 3,3 m/s, fet que podrà aprofitar les poques velocitats del vent de la zona.

### 12.3. Hipòtesi dels ACS amb panells solars tèrmics

El conjunt d'edificis de la colònia tèxtil englobarà un conjunt d'habitatges i activitats que utilitzaran una Aigua Calenta Sanitària (ACS). Segons marca la normativa del CTE [12], l'aigua calenta sanitària s'ha de distribuir i emmagatzemar a una temperatura de com a mínim 60°C, per tal de combatre l'existència de salmonel·la. Per tal de poder fer el dimensionament de la quantitat d'aigua calenta necessària del total d'activitats, s'agafarà el consum estàndard marcat per la norma UNE 94002:2005 de "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Tampoc s'ha de sobredimensionar el camp fototèrmic, ja que actualment a Catalunya hi ha una normativa que marca que els camps han de cobrir el 100% del consum d'ACS durant un màxim de 2 mesos.

Dit això els consums tipus per a les diverses activitats ve marcat a la següent taula 12.3.1.

**Taula 12.3.1.** Consums estàndard marcats per la UNE 94002:2005 dins el CTE [12].

Consums estàndard		
Criteri de demanda	Litres ACS/dia a 60°C	Per
Habitatges unifamiliars	30,00	Persona
Hospital	55,00	Llit
Hotels ****	70,00	Llit
Hostals **	40,00	Llit
Camping	40,00	Emplaçament
Residencia	55,00	Llit
Escoles	3,00	Alumne
Administratius	3,00	Persona
Fàbriques/Tallers	15,00	Persona
Restaurants	10,00	Àpat
Cafeteries	1,00	Esmorzar

**Taula 12.3.2.** Usos i ocupants dels diferents espais de la colònia [Font pròpia].

Ocupants i usos dels espais			
Localització	Nivell	Nº ocupants	Ús
1-A	BAIX	91,00	Oficines/Tallers
1-A	PRIMER	91,00	Oficines/Tallers
1-A	ÀTIC	3,00	Habitatge
1-B	BAIX	23,00	Oficines/Tallers
1-C	BAIX	-	Fàbrica
2-A	BAIX	20,00	Tallers
2-B	BAIX	13,00	Tallers
2-C	BAIX	15,00	Tallers
3-A	BAIX	59,00	Comerços
3-B	BAIX	26,00	Oficines/Tallers
6-A	BAIX	28 a 42	Habitatge
7-A	BAIX	40,00	Restaurant
8-A	BAIX	13,00	Oficines/Tallers
8-A	PRIMER	13,00	Fàbrica

Un cop definits els consums de les activitats i les persones es pot calcular els consums parcials i totals del diversos espais, els quals venen marcats per la següent taula:

**Taula 12.3.3.** Consums d'ACS previstos en litres.

Consums ACS		
Localització	Nivell	Litres d'ACS
1-A	BAIX	273,00
1-A	PRIMER	273,00
1-A	ÀTIC	90,00
1-B	BAIX	69,00
1-C	BAIX	0,00
2-A	BAIX	300,00
2-B	BAIX	195,00
2-C	BAIX	225,00
3-A	BAIX	177,00
3-B	BAIX	78,00

Consums ACS		
Localització	Localització	Localització
6-A	BAIX	1.260,00
7-A	BAIX	400,00
8-A	BAIX	39,00
8-A	PRIMER	39,00
Total	-	<b>3.418,00</b>

Un cop se saben els litres d'aigua calenta es pot passar a calcular l'energia equivalent. Per tal de dur a terme el càlcul s'ha de tenir en compte l'equació termodinàmica que es mostra a continuació:

$$Q = M * C_p * \Delta T$$

on es té en compte la massa d'aigua, que en aquest cas serà el mateix que el seu volum degut a que la densitat de l'aigua és equivalent a 1 kg/litre, la capacitat calorífica de l'aigua, marcada com a 4,18 [KJ/(kg\*°C)], i a la diferència entre la temperatura a la que ha d'estar l'aigua calenta sanitària, 60 °C, i la temperatura a la que arriba l'aigua de xarxa. Per tal de fer un bon dimensionament del sistema, es tindrà en compte el dia d'hivern més desfavorable en què l'aigua arribi més freda.

Per aconseguir la temperatura de l'aigua de xarxa, s'ha consultat la pàgina web de suelo solar, on s'ha extret que la temperatura més baixa per a ciutat la ciutat de Lleida, que és la més propera i d'unes característiques geogràfiques similars. La temperatura per l'aigua de xarxa s'assoleix durant els mesos de gener i desembre amb una temperatura de 7 °C.

$$Q = 3.500 \text{ kg} * 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (60 - 7)[^\circ\text{C}] = 775.390 \text{ kJ}$$

Considerant l'equivalència que es mostra a continuació entre els kJ i els kWh:

$$775.390 \text{ kJ} * \frac{1 \text{ kWh}}{3.600 \text{ kJ}} = 215,38 \text{ kWh}$$

Pel fet que la localització de la colònia es troba a la zona climàtica III, segons els CTE marca que l'energia que s'ha de subministrar a través dels panells solars tèrmics en el cas general que ens trobem ha de ser de com a mínim el 50%. És per aquest fet que el sistema d'emmagatzematge i la quantitat de captadors que s'instal·larà serà equivalent a la meitat de l'anteriorment calculat.

El volum del dipòsit de l'aigua calenta de tot el conjunt serà de:



$$Volum\ del\ dipòsit\ d'ACS\ [l] = 3.500 * 0,5 = 1.750\ litres$$

Cal afegir que es tindrà previst que en les èpoques amb menys consum d'aigua calenta i més radiació solar, es taparan una quantitat de plaques per tal de no obtenir una sobre producció.

### 12.3.1. Hipòtesi dels captadors tèrmics

Gràcies a la informació que proporciona Ferroli a la seva pàgina web [41], els seus panells solars tenen la capacitat d'escalfar uns 15 litres d'aigua per metre quadrat de panell. Amb aquestes característiques es pot calcular la superfície de panells necessari.

$$Superfície\ [m^2] = \frac{1.750\ litres}{15\ \frac{litres}{m^2}} = 116,67\ m^2$$

Amb aquesta superfície es pot calcular el nombre de panells que es poden col·locar distribuïts per les cobertes dels edificis. Cal dir que no és recomanable la instal·lació de més de 4 panells en sèrie per possibles sobre escalfaments.

També s'ha de tenir en compte que la superfície no serà necessària, ja que les normatives actuals marquen que com a mínim el 50% de la producció d'ACS ha de ser produïda amb energies renovables. El fet de produir aigua calenta a través d'una bomba de calor ja és considerat font renovable. Per aquest motiu s'haurà de dimensionar el camp de panells solars tèrmics, de forma adequada i amb múltiples de quatre.

Els grups són de 10,05 m<sup>2</sup> fet que en farà necessària la instal·lació de 12 grups.

## 12.4. Hipòtesi dels recuperadors de calor

Per tal de mantenir una bona qualitat de l'aire interior dels diferents edificis que conformen la colònia tèxtil, i complir amb les especificacions marcades pel Codi Tècnic, és necessària una ventilació adequada dels espais. Els cabals que necessaris venen descrits a continuació:

**Taula 12.4.1.** Cabals volumètrics d'aire de reposició.

<b>Cabals de ventilació</b>	
Conjunt edifici	Cabal d'aire [m <sup>3</sup> /h]
1-A-B	9.383,40
2-A-B-C	2.160,00
3-A-B	3.825,00
6-A	2.217,60
7-8-A	1.620,00

Per tal de dur a terme aquesta tasca serà necessari col·locar a la sortida del sistema de ventilació un sistema de recuperació de calor, per tal de condicionar a la mesura del possible l'aire d'entrada amb l'energia que d'altra forma es perdria amb l'aire que s'expulsa.

La tasca la duran a terme el recuperadors de calor de la marca Toshiba [37], els models de la qual varien les seves capacitats de ventilació, que van dels 500 als 6000 m<sup>3</sup>/h. Tenint en compte els diversos models es fa la següent tria de models:

**Taula 12.4.2.** Quantitats i models de recuperadors de calor [37].

<b>Models de recuperadors</b>		
Conjunt edifici	Model	Quantitat
1-A-B	6.000	2
2-A-B-C	3.000	1
3-A-B	4.000	1
6-A	3.000	1
7-8-A	3.000	1

Aquests recuperadors de calor tenen una eficiència del 85 %, que fa que l'energia que s'ha de donar a l'aire d'entrada sigui menor a la prevista anteriorment a l'apartat 10.

## 12.5. Hipòtesi dels fan-coils

En principi, s'ha previst un sistema de distribució de calor a l'hivern, que a l'estiu serà de fred, a través d'un sistema de canonades d'aigua. És per això que cada grup d'edificis tindrà el seu grup de fan-coils per tal de dur a terme la climatització dels diversos espais per aire.

Per dur a terme aquesta labor s'ha agafat els models de fan-coils de la marca Daikin[36]. La marca proporciona un catàleg amb els diversos tipus de tecnologies. La que interessa per aquest projecte és la que centralitza la climatització, i la distribució es produeix conduint l'aire per canonades. Els models que presenten aquesta característica són els FWB. En aquesta categoria es pot triar si triar entre dos models que tenen les opcions de dos o quatre tubs. Pel projecte s'ha estimat que solament hi haurà un sol circuit de climatització. És per aquest motiu que se seleccionaran el fan-coils de dos tubs.

**Taula 12.5.1.** Taula resum del distribució dels diversos models de fan-coil [Font pròpia].

Potències fan-coils				
Localització	Nivell	Cabal [m <sup>3</sup> /h]	Energia [kWh]	Potència [kW]
1-A	BAIX	4.095,0	31,3	31,3
1-A	PRIMER	4.095,0	31,3	31,3
1-A	ÀTIC	158,4	1,2	1,2
1-B	BAIX	1.035,0	7,9	7,9
2-A	BAIX	900,0	6,9	6,9
2-B	BAIX	585,0	4,5	4,5
2-C	BAIX	675,0	5,2	5,2
3-A	BAIX	2.655,0	20,3	20,3
3-B	BAIX	1.170,0	8,9	8,9
6-A	COMPLEX	2.217,6	17,0	17,0
7-A	BAIX	450,0	3,4	3,4
8-A	BAIX	585,0	4,5	4,5
8-A	PRIMER	585,0	4,5	4,5
Total	-	-	-	<b>146,8</b>

Per tal de complir amb aquests requisits s'han buscat el model amb de fan-coil de dos tubs que ofereix l'empresa Daikin, en concret és el model de 10,21 kW amb nom FWB10BTv [55]. Amb les característiques de potència descrites a la taula anterior es pot fer una estimació de la quantitat de fan-coils necessaris pel conjunt, aquest predimensionament ve descrit a la següent taula:

**Taula 12.5.1.** Taula de distribució i quantitat de fan-coils FWB10BTV.

Grups de fan-coils		
Localització	Potència [kW]	Quantitat
1-A 1-B	71,7	7,0
2-A 2-B 2-C	16,5	2,0
3-A 3-B	29,2	3,0
6-A	17,0	2,0
7-A 8-A	12,4	2,0

## 12.6. Hipòtesi de la caldera de pellet

Com s'ha calculat anteriorment, els litres necessaris d'ACS ascendeixen fins als 1.500 litres, equivalents a 215,38 kWh diaris. Per tal de trobar la potència necessària s'ha trobat a la pàgina web de Caloryfrio [40], que s'estima que els consums d'ACS es reparteixen majoritàriament amb un 60 % entre les 7 i 9 del matí. Amb aquesta informació es pot extreure que la potència necessària serà de:

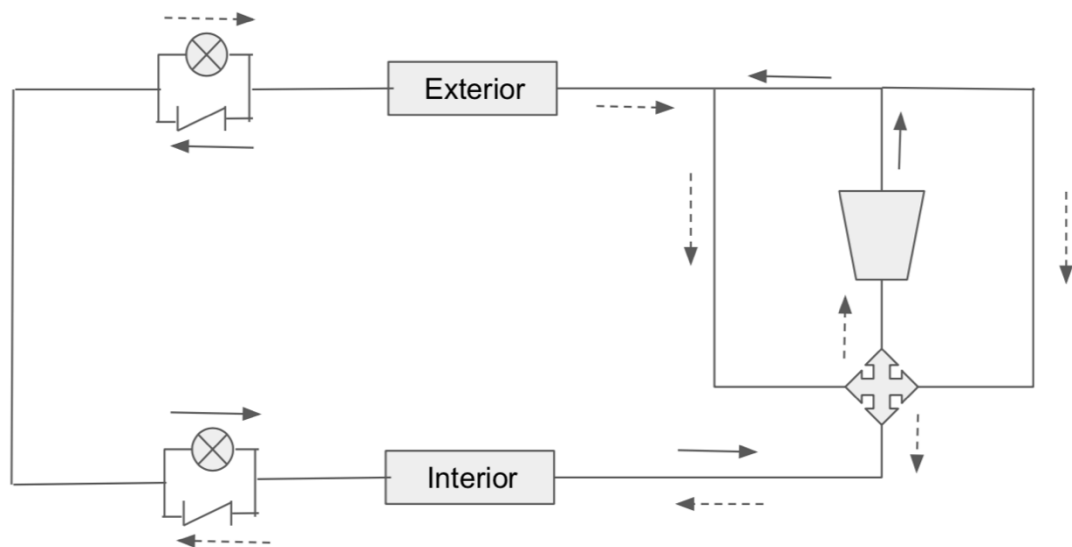
$$Potència ACS [kW] = \frac{215,38 kWh}{2 hores} * 0,6 = 64,614 kW$$

La caldera hauria de tenir una potència útil de 65 kW, però cal remarcar que aquesta potència estarà compartida amb la bomba de calor i els panells solars tèrmics.

Per dur a terme aquest projecte s'ha estudiat una caldera de 100 kW per tal de poder tenir un marge d'error. La caldera en concret és el model Oliva Industrial de 100 kW de la marca Hergom Alternative [42].

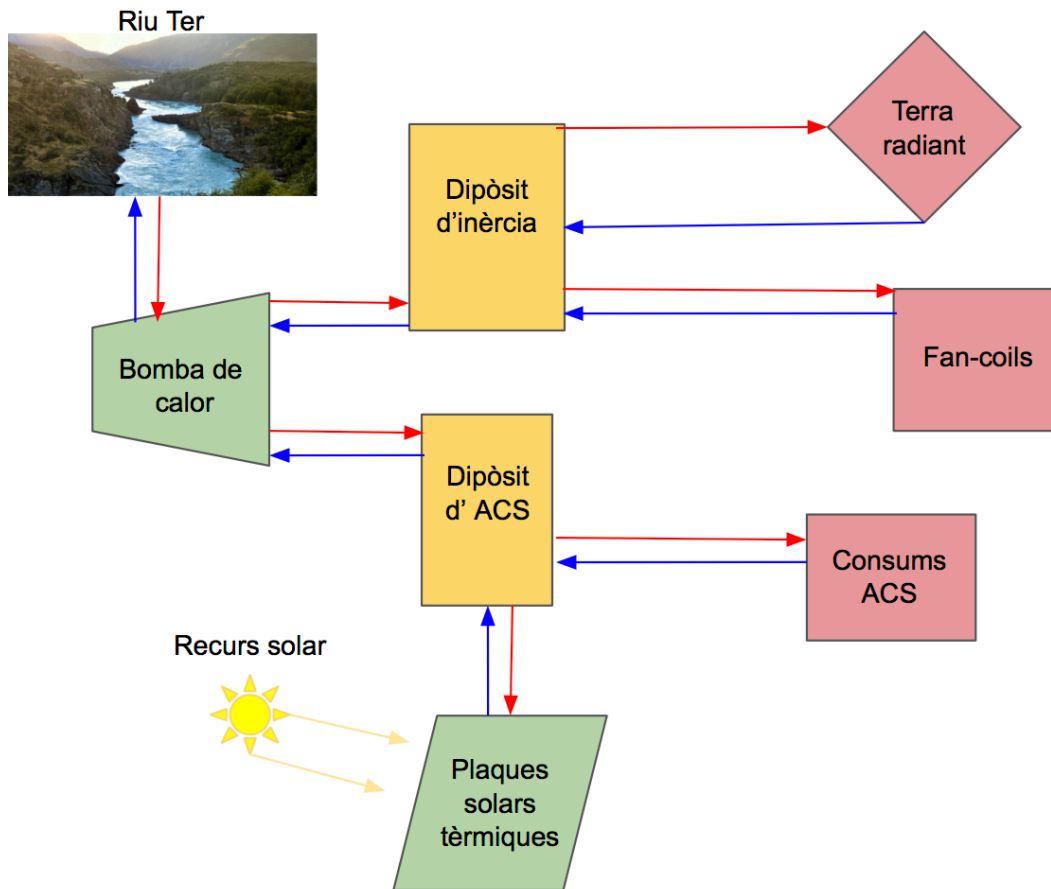
## 12.7. Hipòtesi de la bomba de calor

L'edifici ha d'estar ben aïllat, però també és molt necessari tenir una bona ventilació, és per aquest fet, i per la característica d'estar al costat d'un riu amb flux d'aigua durant tot l'any, que s'ha optat per aplicar la bomba de calor amb intercanvi aigua-aigua. Tot i que al final s'acaba intercanviant la calor amb l'aire dels habitacles a través de fan-coils, amb el funcionament de la bomba en cas necessari.



**Figura 12.7.1.** Esquema d'un circuit de bomba de calor amb inversió del refrigerant [33].

Com s'ha calculat a l'apartat anterior, les potències més elevades d'energia tèrmica que haurà de suportar la bomba de calor seran a l'hivern. En aquest cas, també s'ha de tenir en compte que si el sistema de plaques solars tèrmiques, no pot subministrar l'aigua calenta, aquesta haurà de ser subministrada també per la bomba de calor, tal com es mostra en el següent esquema.



**Figura 12.7.2.** Esquema subministrament tèrmic bomba de calor [Font pròpia i [69]].

Amb els rendiments dels recuperadors d'aire es procedeix al càlcul de la potència necessària per a la climatització dels espais.

$$\text{Potència de calefacció [kW]} = \text{Pèrdues transmissió} + \text{Pèrdues ventilació} * (1 - \text{Rendiment})$$

$$\text{Potència de calefacció [kW]} = 148,4 + 146 * (1 - 0,85) = 170,3 \text{ kW}$$

El respectius càlculs es realitzen per a la refrigeració:

$$\text{Potència de refrigeració [kW]} = 102,2 + 101,1 * (1 - 0,85) = 117,34 \text{ kW}$$

Cal tenir en compte que la bomba de calor alimentarà tant el sistema de climatització com el subministrament d'aigua calenta, tot i que com que el complex constarà d'una caldera de pel·let a mode de suport.

L'empresa Tecna proporciona un document amb diverses característiques tècniques de models de bombes de calor [45]. Per cas que embarca aquest projecte s'haurà d'agafar la unitat més gran, el model 235. Amb aquest model, seguint la normativa EN14511 s'obté que aquest model proporciona aigua calenta a una temperatura de 70-75°C amb una potència de 182, kW tèrmics. En la refrigeració d'aquest model s'arriba a una potència de

refrigeració de 201,1 kW tèrmics. Amb aquest model, en definitiva s'assoleixen amb escreix les especificacions requerides pel projecte.

La màquina tèrmica 235 assoleix com a potència màxima a un rendiment alt de 165,4 kW.

Amb aquesta bomba de calor es podrà subministrar sense interrupcions l'energia necessària per a la climatització, fet que fa desestimar la possible instal·lació d'una caldera de pellet com a suport.

## 12.8. Hipòtesis dels dipòsits d'inèrcia tèrmica

Pel complex estudiat, s'ha determinat que per un correcte funcionament de les instal·lacions serà necessari la inserció de dos dipòsits d'inèrcia. Aquest fet és degut a que a l'estiu el dipòsit d'inèrcia destinat a la climatització serà ple d'aigua freda, aquest fet impossibilita l'emmagatzematge d'aigua calenta sanitària que també s'utilitza durant les èpoques caloroses.

Hi haurà la possibilitat d'intercanvi d'energia, recol·lectada pels panells solars tèrmics, quan el dipòsit d'ACS hagi de cedir energia arribi a un percentatge superior al 90%, per tal de no afectar als possibles consums i no haver d'engegar la bomba de calor.

### 12.8.1. Hipòtesis dels dipòsits d'inèrcia per ACS

El dipòsit que ha d'emmagatzemar l'aigua calenta sanitària, ha de tenir una capacitat d'emmagatzematge de 3.500 litres, segons els càlculs de consum d'aigua calenta sanitària fets anteriorment. Aquest dipòsit tindrà diverses entrades per a l'aigua calenta i disposarà d'un serpentí per tal de complir amb el seu ús. Les entrades vénen respectivament de les plaques tèrmiques, la bomba de calor o bé de la caldera de pellet. Les tres tecnologies asseguraran un servei ininterromput al llarg de tot l'any.

### 12.8.2. Hipòtesis dels dipòsits d'inèrcia per a la climatització

El dipòsit d'inèrcia destinat a la climatització serà dimensionat de la següent forma.

Tenint en compte que les potències més extremes són les de calefacció corresponents a una potència de 170 kW, només fa falta determinar per a quan de temps ha d'estar dimensionat el sistema d'emmagatzematge, corresponen a 30 minuts. També s'han de tenir en compte les pèrdues per emmagatzematge i distribució que es dimensionant en un 10%.

$$Energia necessària [kWh] = 170 \text{ kW} * 0,5 \text{ hores} * 1,1 = 93,5 \text{ kWh}$$

Per tal de emmagatzemar aquesta energia s'utilitzarà la següent fórmula termodinàmica:

$$Volum d'emmagatzematge [\text{litres}] = \frac{Q}{C_p * \Delta T * \rho}$$

És important tenir en compte el salt tèrmic que hi haurà entre l'entrada i la sortida dels conductes de distribució dels fan-coils. Per aquest motiu s'ha trobat que els salts per la refrigeració són del voltant dels 5°C (7°C-12°C) i en la calefacció un salt de 10°C (55°C-45°C) a la pàgina web de *Soloingeniería* [44]. Cal agafar el salt més gran per poder fer un dimensionament adequat al llarg de l'any, en aquest cas de 10°C, però pel fer de tenir un sistema de distribució n'augmentarà les pèrdues i per tant s'agafarà un salt tèrmic de 15 °C. La capacitat calorífica de l'aigua s'ha transformat per tal d'adaptar-se al cas de la següent forma:

$$C_p = 4,18 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * \frac{1 \text{ kWh}}{3.600 \text{ kJ}} = 0,0011611 \frac{\text{kWh}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}}$$

Amb aquest valor i amb la densitat de l'aigua equivalent a la unitat s'obté el següent volum:

$$Volum d'emmagatzematge [\text{litres}] = \frac{93,5 \text{ kWh}}{0,0011611 \frac{\text{kWh}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * 15^\circ\text{C} * 1 \frac{\text{kg}}{\text{litre}}} = 5.368,47 \text{ litres}$$

Finalment es determina que el volum del tanc d'inèrcia d'aigua calenta serà equivalent a 5.400 litres. Aquesta capacitat però és poc comercial i com que el temps d'emmagatzematge és arbitrari, es dimensionarà un dipòsit de 5.000 litres.

## 12.9. Hipòtesis del terra radiant per a calefacció

En aquest projecte, el terra radiant comparteix la labor de la climatització amb el sistema de ventilació. Com que tot el conjunt ha d'estar ventilat correctament, es prioritzarà el sistema de ventilació per sobre d'aquesta tecnologia. És per això que quan el sistema de ventilació estigui complint amb els seus requeriments, marcats al CTE, i la climatització ho requereixi, es començarà a utilitzar el terra radiant. Cal remarcar que els sistema de terra radiant només s'utilitzarà per a calefacció i no per a refrigeració com s'havia previst, per possibles problemes de condensacions.

Finalment els sistema de terra radiant anirà concebut amb una pas de 20 cm.

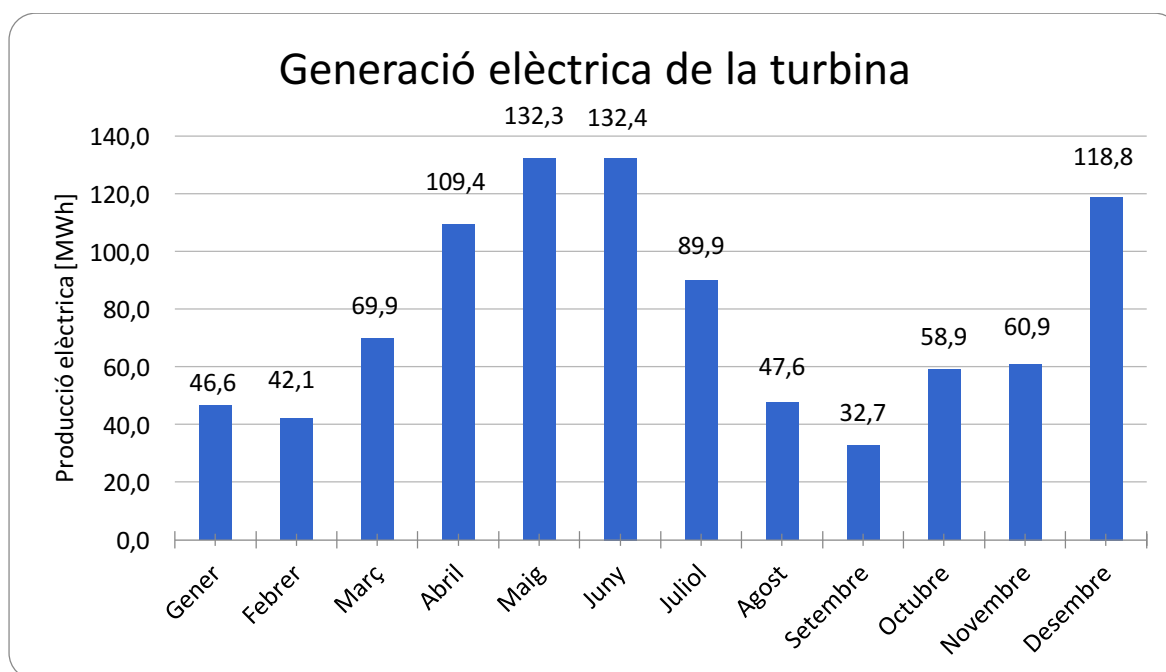


## 12.10. Hipòtesis de la turbina hidroelèctrica

Actualment el conjunt disposa d'un salt d'aigua amb una turbina hidroelèctrica. El salt d'aigua va ser construït durant la revolució industrial que es va produir a principis de segle XX, per fer funcionar la maquinària tèxtil de la fàbrica. Un cop en desús, el salt es va adaptar per a la producció d'electricitat a través d'una turbina. Actualment aquesta segueix en marxa i té una producció energètica, segons històrics, de 941.424,00 kWh anuals de mitjana tal com mostra el següent taula.

**Taula 12.10.1.** Producció energètica anual d'hidroelectricitat referent a l'any 2016 [54].

Producció elèctrica turbina elèctrica		
Data	Nº dies	Producció [kWh]
01-01-16	31	46.616,00
01-02-16	29	42.093,00
01-03-16	31	69.899,00
01-04-16	30	109.368,00
01-05-16	31	132.252,00
01-06-16	30	132.387,00
01-07-16	31	89.895,00
01-08-16	31	47.646,00
01-09-16	30	32.657,00
01-10-16	31	58.933,00
01-11-16	30	60.851,00
01-12-16	31	118.827,00
Total	-	<b>941.424,00</b>



**Gràfica 12.10.1.** Producció energètica anual d'hidroelectricitat referent a l'any 2016 [54].

## 13. Balanç de l'energia elèctrica

En aquest apartat s'ha fet una balanç entre les càrregues elèctriques estimades per les activitats i per la climatització de la colònia, i les generacions elèctriques que la mateixa té, amb el salt d'aigua i el futur camp solar fotovoltaic. Cal mencionar que la producció d'energia elèctrica del generador eòlic s'ha desestimat per l'escassa producció que se'n preveu.

### 13.1. Energia destinada a la il·luminació i equips auxiliars dels espais

Per tal de fer una estimació aproximada dels consums energètics destinats a la il·luminació de tots els edificis, es fa servir el l'estimació de consum descrita pel Codi Tècnic de l'Edificació [12]. A l'apartat d'estalvi energètic (HE3) d'aquest marca segons els possibles usos dels espais i de les superfícies dels mateixos, la potència elèctrica requerida, tal com marca la taula que es mostra a continuació.

**Taula 13.1.1.** Potència elèctrica demandada segons ús i superfície [12].

Potència d'il·luminació del edificis	
Tipus d'ús	Potència màxima [W/m <sup>2</sup> ]
Administratiu	12,0
Aparcament	5,0
Comercial	15,0
Docent	15,0
Hospitalari	15,0
Restauració	18,0
Auditoris	15,0
Residencial públic	12,0
Altres	10,0
Edificis amb alt nivell d'il·luminació	25,0

En el document de CTE també hi apareix informació relacionada amb els perfils estàndard d'ús de la il·luminació i equips auxiliars respectivament, per activitats amb una durada de 12 hores diàries. La següent taula mostra les diferents característiques.

**Taula 13.1.2.** Taula amb coeficients d'ús no residencial en funció de la superfície [12].

Perfil d'ús per 12 hores			
Tipus de consum	Horari laborable		
	7-14	17-20	Reste
Il·luminació [%]	100	100	0
Equips aux. [W/m <sup>2</sup> ]	1,5	1,5	0

Per a ús residencial, els consums d'il·luminació i equips auxiliars ve donat per la següent taula.

**Taula 13.1.3.** Taula amb coeficients d'ús en ús residencial en funció de la superfície [12].

Perfils per a ús residencial							
Tipus de consum	Horari						
	1-7	8	9-15	16-18	19	20-23	24
Il·luminació [W/m <sup>2</sup> ]	0,4	1,3	1,3	1,3	2,2	4,4	2,2
Equips aux.[W/m <sup>2</sup> ]	0,4	1,3	1,3	1,3	2,2	4,4	2,2

Amb tots els aspectes recollits per les dues taules s'ha pogut estipular uns consum tipus per a cada un dels espais i finalment el total, descrit a la taula que es mostra a continuació.

**Taula 13.1.4.** Taula de consums energètics per il·luminació amb discriminació per espai, en ús no residencial.

Consum il·luminació no residencial					
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]	Ús	Potència[W/m <sup>2</sup> ]	Potència [kW]	Energia [kWh]
1-A	2.184,0	Administratiu	12,0	26,2	314,5
1-B	281,0	Administratiu	12,0	3,4	40,5
1-C	248,0	Altres	10,0	2,5	29,8
2-A	241,0	Altres	10,0	2,4	28,9
2-B	161,0	Altres	10,0	1,6	19,3
2-C	189,0	Altres	10,0	1,9	22,7
3-A	714,2	Administratiu	12,0	8,6	102,8
3-B	314,6	Administratiu	12,0	3,8	45,3
7-A	314,0	Comercial	15,0	4,7	56,5
8-A	125,8	Comercial	15,0	1,9	22,6

Consum il·luminació no residencial					
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]	Ús	Potència[W/m <sup>2</sup> ]	Potència [kW]	Energia [kWh]
Total	-	-	-	<b>56,9</b>	<b>682,9</b>

**Taula 13.1.5.** Taula de consums energètics per equips amb discriminació per espai, en ús no residencial.

Consum equips per ús no residencial					
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]	Ús	Potència[W/m <sup>2</sup> ]	Potència [kW]	Energia [kWh]
1-A	2.184,0	Administratiu	1,5	3,3	39,3
1-B	281,0	Administratiu	1,5	0,4	5,1
1-C	248,0	Altres	1,5	0,4	4,5
2-A	241,0	Altres	1,5	0,4	4,3
2-B	161,0	Altres	1,5	0,2	2,9
2-C	189,0	Altres	1,5	0,3	3,4
3-A	714,2	Administratiu	1,5	1,1	12,9
3-B	314,6	Administratiu	1,5	0,5	5,7
7-A	314,0	Comercial	1,5	0,5	5,7
8-A	125,8	Comercial	1,5	0,2	2,3
Total	-	-	-	<b>7,2</b>	<b>85,9</b>

Els consums energètics d'il·luminació i equips pels espais d'ús residencial s'han calculat conjuntament i fent una estimació de les hores de funcionament de les diverses potències.

**Taula 13.1.6.** Taula de consums energètics per il·luminació i equips en ús residencial.

Consums energètics mixtos en ús residencial			
Edifici	Superfície [m <sup>2</sup> ]	Consum mixt [Wh/m <sup>2</sup> ]	Energia [kWh]
1-A	51,0	64,2	3,3
6-A	738,0	64,2	47,4
Total	789,0	-	<b>50,7</b>

Un cop trobats els valors per separat es pot arribar a la conclusió que l'energia que consumirà el conjunt de la colònia serà de 819,5 kWh diaris. A l'hora de fer la demanda energètica anual només es tindran en compte els 252 dies laborables que té un any natural, aquest fet eleva a 206.514 kWh d'energia anuals requerits per la il·luminació i els equips auxiliars.

## 13.2. Consums elèctrics dels equips de climatització

### 13.2.1. Consum elèctric dels recuperadors d'aire

Els diversos models de recuperadors de calor de la marca Toshiba estudiats anteriorment, tenen les característiques descrites a la taula que ve a continuació.

**Taula 13.2.1.1.** Característiques tècniques dels recuperadors de calor de la marca Toshiba [37].

Característiques dels recuperadors de calor			
Model	Potència [kW]	Intensitat [A]	Voltatge [V]
6.000	2,40	3,9	3-400
4.000	2,50	2,3	3-400
3.000	0,78	3,9	1-230

Els consums dels aparells vindran donats per la quantitat d'hores que els espais estiguin en funcionament. Per tal de fer un predimensionament, s'agafarà que les hores de funcionament mitjanes de tots els espais seran de 8 hores. Així doncs els consums estimats són els següents.

**Taula 13.2.1.2.** Consums elèctrics dels recuperadors d'aire.

Consums elèctrics recuperadors de calor			
Model	Potència [kW]	Temps [h]	Energia [kWh]
6.000	4,80	8	38,40
4.000	2,50	8	20,00
3.000	2,34	8	18,72
Total	-	-	<b>77,12</b>

Per tal d'aconseguir el consum total d'electricitat dels recuperadors d'aire, els quals treballaran diàriament per tal de garantir unes condicions de salubritat dels espais, és multiplicarà el consum diari pels dies laborables que posseeix un any natural. El consum energètic pels 252 dies laborables és equivalent a 19.434,24 kWh anuals.

### 13.2.2. Consum elèctric de la bomba de calor

Els consum energètic de la bomba de calor vindrà donat per la generació d'energia tèrmica que ve donada per la suma de l'energia destinada a la climatització, calculada anteriorment, amb el consum energètic destinat a l'ACS anual equivalent al 50%, pel fet que l'altre meitat serà sostinguda per els panells solars tèrmics. Per fer els càlculs s'ha tingut en compte el rendiment dels recuperadors de calor.

**Taula 13.2.2.1.** Balanç d'energia tèrmica generada per la bomba de calor.

<b>Energia tèrmica anual consumida per la bomba de calor [kWh]</b>	
Total energia destinada a la climatització	248.673,14
50% energia destinada a ACS	39.306,85
<b>Total</b>	<b>287.979,99</b>

Un cop trobada l'energia tèrmica es troba el consum energètic de la bomba de calor dividint-lo pel rendiment COP de la mateixa, el qual està determinat en 3.

$$\text{Consum elèctric bomba de calor [kWh]} = 287.979,99 \text{ kWh} * \frac{1}{3} = 95.993,33 \text{ kWh}$$

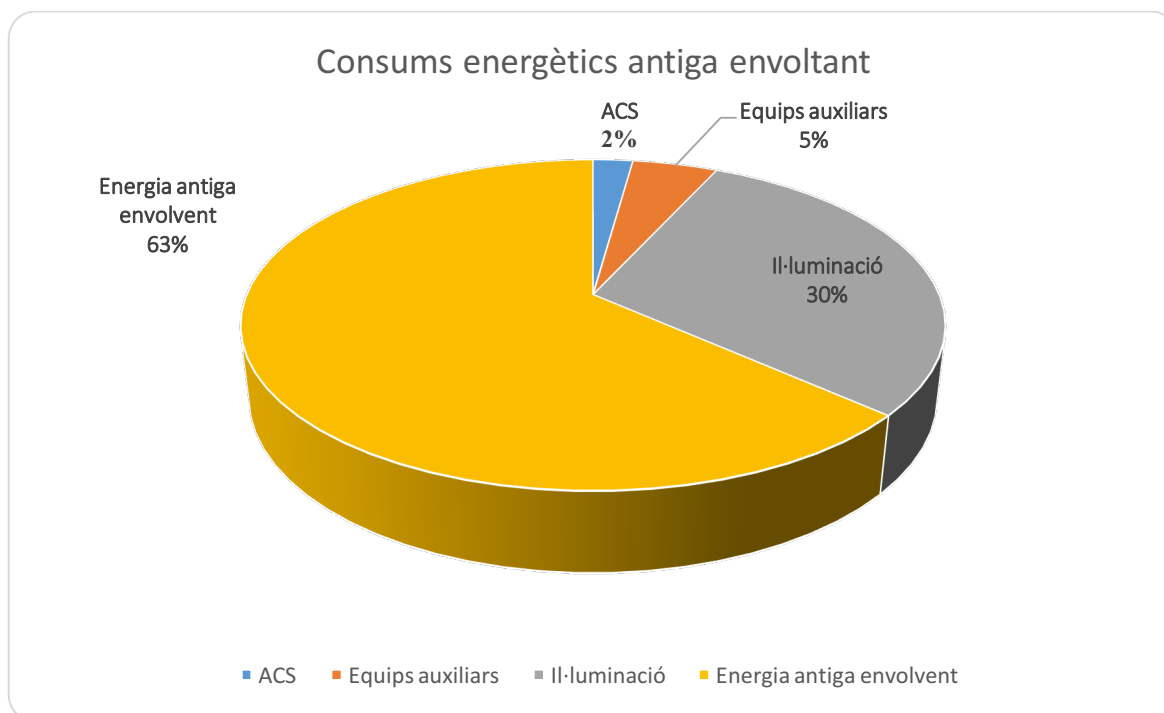
**(Eq. 13.2.2.1)**

El consum energètic total de la colònia tèxtil es pot estimar amb els següents valors:

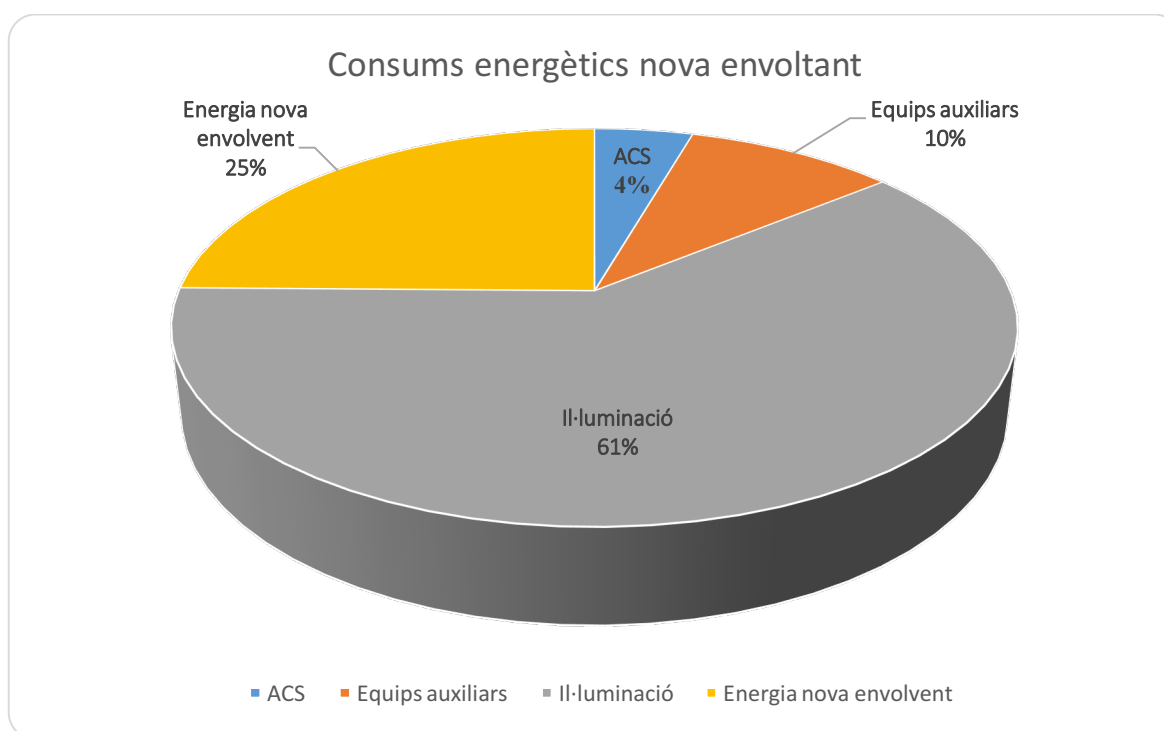
**Taula 13.2.** Consums elèctrics totals anuals de la colònia.

<b>Consums totals anuals de la colònia</b>	
<b>Tipus</b>	<b>Energia [kWh]</b>
Consums il·luminació i equips	206.514,00
Consums recuperadors de calor	19.434,24
Consums climatització i ACS	95.993,33
<b>Total</b>	<b>321.941,57</b>

Un cop trobades les solucions comercials es pot veure quin és l'impacte energètic que té sobre el conjunt, comparant-ho amb els consums energètics totals. A continuació es mostren els gràfics circulars 13.1 i 13.2, amb la diferència de consum energètic de climatització amb la vella envoltant i la nova.



**Gràfica 13.1.** Representació percentual amb els consums energètics de la colònia tèxtil i el de l'antiga envoltant tèrmica.



**Gràfica 13.2.** Representació percentual amb els consums energètics de la colònia tèxtil i el de la nova envoltant tèrmica.



Es pot veure clarament com d'inserció d'aïllants tèrmics en els edificis de la colònia és un fet remarcable en els consums energètics totals, passant de tenir el pes principal dels consums elèctrics destinats a la climatització amb l'antiga envoltant tèrmica, i passant a un segon pla de magnitud quan es tracta de l'anàlisi amb l'envoltant nova.

Així doncs es pot concloure que en qualsevol edificació una de les parts que ha de prendre més pes és el correcte dimensionament dels aïllaments de les parts de l'edifici que es trobaran amb contacte directe amb l'exterior. Aquest fer marcarà una diferència considerable en els consums energètics que finalment es traduiran en un estalvi energètic, el qual ajuda a recuperar la inversió feta en el sistema d'aïllament.

### **13.3. Generació elèctrica**

#### **13.3.1. Generació elèctrica del salt d'aigua**

La colònia tèxtil consta d'un canal artificial, el qual antigament s'utilitzava per mantenir l'activitat de la fàbrica. Uns anys més tard es va adaptar el salt d'aigua per encabir-hi una central hidroelèctrica. Aquesta turbina actualment es troba en funcionament i fa pocs anys va perdre la prima estatal de règim especial. Gràcies als documents i la facturació de la mateixa, proporcionada per l'empresa elèctrica Respira [54], es pot fer una estimació de producció elèctrica anual, tal com s'ha fet a l'apartat anterior. La producció estimada d'electricitat anualment és de 941.424,00 kWh.

#### **13.3.2. Generació elèctrica del camp fotovoltaic**

El camp fotovoltaic que anirà situat sobre la coberta de la nau industrial quedarà dividit en dos camps, est i oest. El conjunt dels dos camps fotovoltaics, produirà de forma estimada uns 388.000 kWh anuals [3].

### 13.4. Balanç elèctric del conjunt

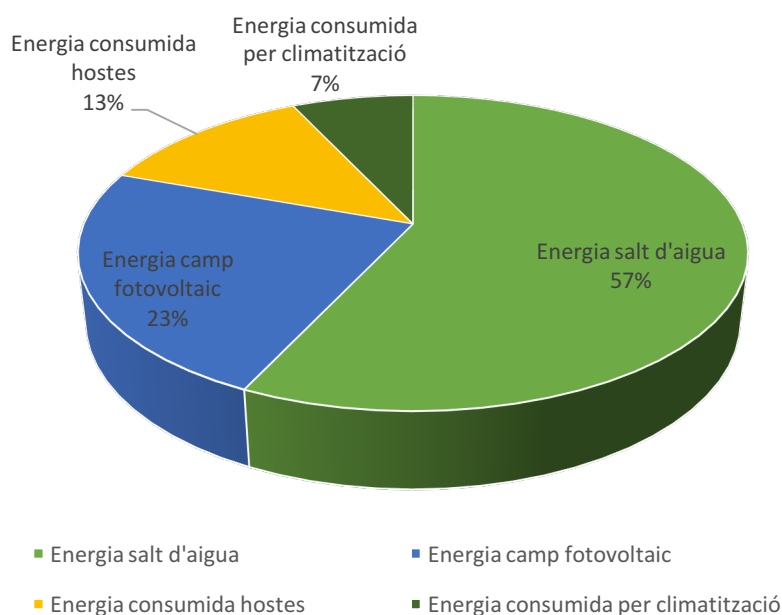
Un cop trobats els diversos valor de produccions elèctriques al llarg de l'any, es pot definir la següent taula numèrica. On es fa el balanç net d'energia elèctrica de la colònia tèxtil.

**Taula 13.4.1.** Balanç elèctric elèctrics totals anuals de la colònia.

Balanç elèctric [kWh]	
Generació hidroelèctrica	941.424,00
Generació Fotovoltaica	388.000,00
Consums il·luminació i equips	206.514,00
Consums recuperadors de calor	19.434,24
Consums climatització i ACS	95.993,36
<b>Balanç total</b>	<b>1.007.482,40</b>

Es pot dir que el balanç energètic de la colònia és positiu, ja que es produeix més energia de la que es consumeix. Aquest fet és molt positiu per definir que el conjunt dels edificis tenen un consum zero (Near Zero Energy Building), i que a més a més poden ser generadors d'energia elèctrica.

**Balanç energia produïda i consumida anualment**



**Gràfica 13.4.1.** Representació percentual de les produccions energètiques i consums anuals de la colònia.

## 14. Anàlisi econòmica

Un dels principal fins que tenen els projectes tècnics de dimensionament, a part de donar estratègies tècniques i evitar errors, són els estudis econòmics per tal de saber si el projecte és viable. Aquesta apartat ha estat dedicat íntegrament a calcular els costos econòmics dels materials destinats a la correcta rehabilitació de la colònia tèxtil. El preu dels materials s'ha trobat a través d'internet, contactant amb els fabricant o fent una estimació segons els preus del mercat.

### 14.1. Anàlisi econòmica referent a l'envoltant tèrmica

#### 14.1.1. Costos econòmics de l'envoltant tèrmica

Els preus dels aïllaments utilitzats per la rehabilitació han estat cedits per l'empresa ISOVER. Per les finestres i portes s'ha estimat el preu a través de la pàgina web Generador de precios España [38]. S'ha obtingut que per unes finestres amb una àrea de  $5,2 \text{ m}^2$  i unes característiques de 4 mm de vidre i una càmera d'aire de 8 mm, el preu unitari amb el pressupost d'instal·lació inclòs és de 135,41 €. Amb aquest preu es pot fer una estimació del cost de totes les obertures definint el preu per unitat de superfície.

$$\text{Preu per superfície Finestres} = \frac{135,41\text{€}}{5,2 \text{ m}^2} = 26,04 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$$

Amb el mateix procediment s'ha obtingut el preu de les portes, el qual és de 892,57 €, obtenint el següent preu per superfície.

$$\text{Preu per superfície Portes} = \frac{892,57\text{€}}{1,7255 \text{ m}^2} = 517,28 \frac{\text{€}}{\text{m}^2}$$

El total de les superfícies dels edificis i els preus totals dels materials venen definits a la taula següent taula.

**Taula 14.1.1.1 .Resum econòmic de l'envoltant tèrmica.**

Cost econòmic materials			
Tipus	Superfície [ $\text{m}^2$ ]	Preu/ $\text{m}^2$	Preu
Calibel	5.031,20	25,55	128.547,16 €
IBR-120mm	4.100,89	5,35	21.939,76 €
Solado 20 mm	5.561,59	6,15	34.203,78 €
Llana 40 mm	3.857,59	8,85	34.139,67 €

Cost econòmic materials			
Tipus	Superfície [m <sup>2</sup> ]	Preu/m <sup>2</sup>	Preu
Ecovent VN 035	1.143,99	7,10	8.122,33 €
Finestres	805,51	26,04	20.975,48 €
Portes	142,10	517,28	73.505,49 €
Total	-	-	<b>321.433,67 €</b>

Cal remarcar que el preu solament és el del material i que cal afegir el preu de la mà d'obra per a la seva instal·lació.

#### 14.1.2. Anàlisi econòmic referent a l'estalvi econòmic de l'envoltant

Com que al llarg del treball s'han calculat les diverses envoltants tèrmiques, tant actuals com amb aïllament, es pot fer una estimació del diferencial d'energia que representa al llarg d'un any de climatització. La diferència d'energies és l'estalvi econòmic resultant de la rehabilitació i es tradueix de la següent forma.

**Taula 14.1.2.1.** Escrutini d'energies elèctriques i diferència total anual.

Energia destinada a la climatització [kWh]	
Total energia sense aïllament	1.142.817,83
Total energia amb aïllament	216.770,87
Diferència	<b>926.046,96</b>

Els valors sense aïllament han tingut en compte també els consums energètics amb els consums per ventilació, ja que són obligatoris.

$$Estalvi [\text{€}] = \Delta \text{Energies útil}[\text{kWh}] * \eta * \text{Preu kWh} [\text{€}]$$

(Eq. 14.1.2.1)

Gràcies als preus per kWh de l'any 2019 trobats a la pàgina web de "Tarifas de gas y luz" [43], i al rendiment (COP) de la bomba de calor de 3 tant per la calefacció com per la refrigeració, es pot calcular l'estalvi de la següent fórmula:

$$Estalvi [\text{€}] = 926.046,96 \text{ kWh} * \frac{1}{3} * 0,11279 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 34.816,28 \text{ €}$$

La quantitat monetària al llarg d'un any que s'estalviarà en energia és equivalent a 34.816,28 € anuals, però cal tenir en compte que aquest preu pot ser menor, ja que els panells solars podran proporcionar energia en forma de calor i que també es podrà usar la caldera de pellet pel mateix fi.

A la inversió dels aïllaments equivalent a 321.433,7 € se li s'aplicarà un 15% d'augment pel fet que no s'han tingut en compte el preu de mà d'obra, fent un total de 369.648,75 €.

Amb tots aquests valors es pot dimensionar el període de retorn de de la inversió:

$$\text{Període de retorn [anys]} = \frac{369.648,75 \text{ €}}{34.816,28 \frac{\text{€}}{\text{any}}} = 10,61 \text{ anys}$$

(Eq. 14.1.2.2)

Aquest període de retorn està calculat amb dades actuals, però segons els estudis està previst que el consum d'energia elèctrica augmentarà i conseqüentment també el seu preu, això implicaria que el retorn sigui molt més breu. També s'ha de tenir en compte que els aïllaments no requereixen un manteniment i tenen una vida útil molt llarga.

Un altre aspecte important que dona sentit a la instal·lació dels aïllants tèrmics, és que si s'hagués de fer el dimensionament del sistema de climatització per l'edifici sense aïllament hauria de ser més potent. En concret s'ha calculat la potència equivalent sense aïllament per tal de fer una comparativa, tenint en compte les diferents transmitàncies i superfícies de cada part.

**Taula 14.1.2.2.** Taula de potències equivalents per la climatització.

Total potències de climatització		
	Antiga envoltant [kW]	Nova envoltant [kW]
Nau principal	274,7	63,1
Humidificadors	166,3	32,7
Batans	83,0	17,8
Habitatges	97,1	19,0
Antic habitatge	63,0	15,9
Total	<b>684,0</b>	<b>148,4</b>

De la taula es pot treure la relació de les potències i per saber com de grans haurien de ser el equips per realitzar la feina de climatització sense aïllaments en comparació amb els actuals.

$$\text{Relació de potències} = \frac{\text{Potències sense aïllament [kW]}}{\text{Potència amb aïllament [kW]}} = \frac{684,00 \text{ kW}}{148,4 \text{ kW}} = 4,60$$

(Eq. 14.1.2.3)

de tenir una potència 4,6 vegades major de bomba de calor. Tenint en compte que el preu de la bomba de calor és de 90.000€ el preu que adquiriria la bomba major equivaldria a 414.824,79 €, una inversió considerablement major.

També s'hauria de tenir en compte que tot el sistema de distribució i dels diversos equips s'haurien d'augmentar en la mateixa magnitud, augmentant així el seu preu final.

Així doncs, és pot veure com l'opció d'invertir en aïllament és la més correcte i rendible pel fet que s'aconseguirà una disminució del consums energètic i una inversió menor en maquinaria.

## **14.2. Anàlisi econòmica del sistema de climatització i ACS**

### **14.2.1. Anàlisi de la bomba de calor**

Per tal de trobar un pressupost econòmic estimat d'una bomba de calor amb les característiques de funcionament descrites en els apartats anteriors, s'ha fet una estimació en base al pressupost d'una bomba de calor aigua-aigua capaç de donar 25 kW de calor i 29 kW de fred, la qual té un preu de 13.946,72 €. Amb aquest valor es pot estimar que el preu que va la bomba en funció dels kW de calor és de 557,84 €. Aquest fet fa elevar el pressupost per la bomba de calor de la colònia, que té una necessitat de potència tèrmica de 180 kW, a 100.411,2 €, quantitat a la que se li pot aplicar un percentatge de reducció del 10% pel fet de que la maquinaria de grans dimensions és més econòmica. Tenint en compte tots els aspectes es pot afirmar que el valor de la bomba de calor serà al voltant dels 90.000 €.

### **14.2.2. Anàlisi dels fan-coils**

El sistema de climatització estarà recolzat per un sistema de fan-coils repartits al llarg del conjunt d'edificis. El fet de tenir diversos fan-coils en un edifici, facilita una partició d'espais per climatitzar fet que n'augmentarà l'eficiència. Pel cas de la colònia s'ha estimat que es necessitaran un total de 16 fan-coils de la marca Daikin model FWB10BTV [55]. El cost total de la instal·lació del components equival a 13.012,64 €, aquest cost no té en compte el preu d'instal·lació dels mateixos. El resum de preus i distribució ve donat per la següent taula.

**Taula 14.2.2.1.** Resum econòmic dels fan-coils FWB10BTV [55].

Pressupost fan-coils			
Localització	Quantitat	Preu unitari	Preu
1-A 1-B	7,0	813,29 €	5.693,03 €
2-A 2-B 2-C	2,0	813,29 €	1.626,58 €
3-A 3-B	3,0	813,29 €	2.439,87 €
6-A	2,0	813,29 €	1.626,58 €
7-A 8-A	2,0	813,29 €	1.626,58 €
Total	16,0	-	<b>13.012,64 €</b>

### 14.2.3. Anàlisi del terra radiant

Les característiques del terra radiant que s'instal·larà els diversos edificis, descrites en els anteriors apartats i utilitzant el simulador de preus de la pàgina web de Hogarsense [70], s'ha pogut calcular que el preu per superfície d'instal·lació del terra radiant és:

$$\text{Preu per superfície} \left[ \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \right] = 26 \text{ €/m}^2$$

Amb el preu per superfície i la superfície total dels edificis es pot concloure que el preu d'instal·lació del terra radiant és equivalent a:

$$\text{Preu instal·lació terra radiant} = 26 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} * 5.404,57 \text{ m}^2 = 140.518,82 \text{ €}$$

### 14.2.4. Anàlisi dels conductes de ventilació

L'anàlisi econòmic dels conductes de ventilació és complex de realitzar, ja que encara s'ha de decidir on aniran els diversos grups de calefacció. És per aquest motiu que fer un càlcul aproximat serà complicat acostar-se al pressupost final. Però tenint en compte que els sistemes de canonades de ventilació són la part més barata del sistema de ventilació, és prudent considerar que és equivalent a un 20% del pressupost de la bomba de calor.

### 14.2.5. Anàlisi dels recuperadors de calor

Els recuperadors de calor necessaris per la correcta salubritat de l'aire i aconseguir una eficiència energètica, s'han confiat a la marca Toshiba [37]. De la pàgina web de la mateixa s'han extret els costos per els diversos models recuperadors de calor.

**Taula 14.2.5.1.** Resum econòmic dels recuperadors de calor [37].

<b>Pressupost recuperadors de calor</b>			
Model	Quantitat	Preu unitari	Preu
6.000	2,00	9.267,00 €	18.534,00 €
4.000	1,00	6.667,00 €	6.667,00 €
3.000	3,00	6.017,00 €	18.051,00 €
Total	-	-	<b>43.252,00 €</b>

#### 14.2.6. Anàlisi dels panells solars tèrmics

Els panells que s'utilitzaran són un grup de 12 panells en els quals el preu de quatre unitats és de 1.515,11 €, cedit per l'empresa Ferroli. Per tant, el projecte dels panells solar ascendeix a 4.545,33 €.

#### 14.2.7. Anàlisi del dipòsit ACS

La capacitat marcada pel sistema d'ACS del conjunt és el que s'ha marcat anteriorment amb 3.500 litres. El preu del dipòsit de 3.500 litres, model d'acumulador MV 3500 l, és que proporciona el fabricant Salvador Escoda [46] és de 3.570 €.

#### 14.2.8. Anàlisi del dipòsit d'inèrcia

El dipòsit d'inèrcia calculat per aquest projecte destinarà gran part de la seva activitat a la climatització dels espais. Gràcies al preus del diversos models de capacitats variades de la pàgina web Salvador Escoda [46], es pot treure que el valor del dipòsit de 5.000 litres, model d'acumulador MV 5000 l, serà equivalent a 5.298,00 €.

### 14.3. Cost econòmic del camp fotovoltaic

En aquest es farà un anàlisi detallat dels diferents components del camp fotovoltaic. Aquest però no contarà amb els preus de les proteccions elèctriques ni d'altres elements requerits per aquests tipus d'instal·lacions, com tampoc la mà d'obra. És per aquest motiu que al preu final del cablejat se li aplicarà un 10 % degut a els elements que no s'han tingut en compte.



### 14.3.1. Panells fotovoltaics

El camp fotovoltaic que s'instal·larà a la superfície de la nova nau industrial constarà en total d'uns 836 panells fotovoltaics. Aquesta quantitat de panells es tradueix en 123.920,28 €, ja que el preu unitari de cada panell és de 148,23 €.

### 14.3.2. Onduladors

El camp fotovoltaic a part del 836 panells estarà format per dos onduladors amb preu unitari 7.557,84 €, fent un total de 15.115,68 €.

### 14.3.3. Cablejat elèctric DC

Els camps fotovoltaics estaran constituïts per 44 branques de 80 metres de longitud fet que comporta una longitud total de 3.520 m. La secció del cablejat haurà de ser de com a mínim 6 mm<sup>2</sup>, aquesta característica marca com a preu de cablejat en 1 €/m [59], fent un preu final de 3.520 €. S'ha d'afegir a aquest preu el cost del cablejat de tornada (negatiu), el qual tindrà la mateixa longitud i una secció de 6 mm<sup>2</sup> [52]. Fent un preu de cablejat total de 7040 €.

### 14.3.3. Cablejat elèctric AC

El cablejat que composarà les sortides dels onduladors, els quals transportaran corrent alterna, tindran una longitud total de 40 metres. S'ha de tenir present que la instal·lació constarà de 5 pel fet de calcular les 3 fases amb una secció de 50 mm<sup>2</sup>, el neutre que tindrà una secció de 25 mm<sup>2</sup> i el cablejat del terra amb una secció de 25 mm<sup>2</sup>, i que aquestes característiques s'hauran de multiplicar per dos pel fet de tenir dos onduladors. El preu del cablejat de 50 mm<sup>2</sup> esta queda marcat per 6,68 €/m, i el preu de cablejat de 25 mm<sup>2</sup> queda en 3,64 €/m. Així doncs es pot definir el cost del cablejat d'AC destinat al camp fotovoltaic de la següent manera.

**Taula 14.3.3.1.** Cost econòmic cablejat d'alterna del camp fotovoltaic [59].

Cablejat elèctric				
Calibre [mm <sup>2</sup> ]	Quantitat	Preu unitari [€/m]	Longitud [m]	Preu
50,00	6,00	6,68	40,00	1.603,20 €
25,00	4,00	3,64	40,00	582,40 €
Total	-	-	<b>400,00</b>	<b>2.185,60 €</b>

## 14.4. Anàlisi econòmica de l'aerogenerador

Pel projecte s'ha fet l'estudi de la instal·lació d'un aerogenerador d'eix vertical UGE-300 de 300 W, el qual té una sortida de corrent continu de 12 volts. Aquest es troba a la pàgina web de todo en solar [53], on es pot comprar per 5.915,00 €. El material relacionat i les proteccions elèctriques seran dimensionades amb un 5% del cost total de l'aerogenerador, pel fet que la instal·lació serà molt senzilla.

## 14.5. Guany econòmic referent a la venda d'energia elèctrica

L'electricitat generada tant per la turbina hidràulica com pel camp fotovoltaic anirà destinada preferentment als consums que puguin tenir els diversos llogaters dels espais del conjunt. Aquesta electricitat anirà venuda a 0,1 €/kWh, preu menor al de la mitjana del mercat, situat a 0,15 €/kWh, fet que serà un incentiu extra pels possibles interessats. Finalment, l'excedent d'energia serà venut a la xarxa elèctrica a un valor general de 0,05 €/kWh [56]. Aquest procés però queda subjecte a la normativa vigent referent a la compra venda d'energia, la qual podria obligar a vendre a mercat l'electricitat generada, o bé tenir un sistema de gestió d'electricitat independent de la xarxa elèctrica.

### 14.5.1. Guany econòmic de la producció elèctrica del salt d'aigua

La producció estimada d'electricitat anualment és de 941.424,00 kWh [54]. Aquesta producció es pot traduir a unitats monetàries amb el preu de 50 €/MWh, aquesta quantitat no té en compte cap tipus de bonificació estatal, pel fet que la central porta funcionant més de 25 anys i les subvencions van finalitzar l'any 2018. Així doncs es pot estimar que el guany econòmic de la central és de 50.000 € anuals. Aquest valor podrà ser major pel fet que part de l'energia podrà ser venuda a 0,1 €/kWh als llogaters dels espais.

### 14.5.2. Guany econòmic de la producció elèctrica del camp fotovoltaic

El camp fotovoltaic que anirà situat sobre la coberta de la nau industrial quedarà dividit en dos camps, est i oest, tindrà una producció elèctrica estimada de 388.000 kWh anuals [3]. La traducció i d'aquesta energia a unitats monetàries és equivalent a 0,05 €/ kWh [56]. El total d'aquesta energia equival a 19.400 €, valor que podrà ser major tal com s'ha comentat en els apartats anteriors.

Aquests valors però queden definits novament amb la característica del balanç d'energia, que equival a 1.007.482,40 kWh anuals que seran venuts a la xarxa elèctrica pel preu estipulat de 0,05 €/ kWh. Per altra banda l'energia generada per la colònia que es destini a la il·luminació i consums d'equips auxiliars, equivalent a 206.514,00 kWh, serà venuda a un preu de 0,1 €/kWh al hostes dels

espais. Amb les quantitats d'energia i els preus específics definits es pot fer el càlcul econòmic total de la colònia, tal com es mostra a continuació.

**Taula 14.5.1.** Resum econòmic venda d'energia elèctrica al llarg d'un any [56].

Venda d'energia elèctrica			
Tipologia	Energia [kWh]	Preu [€/kWh]	Preu final
Venuda a la xarxa	1.007.482,40	0,05	50.374,12 €
Venuda internament	206.514,00	0,10	20.651,40 €
Total	-	-	<b>71.025,52 €</b>

Finalment es pot concloure que els beneficis econòmics referents a la venda d'energia elèctrica ascendeix a 71.025,52 € anuals.



## 15. Impacte ambiental

En el present projecte, centrat a la rehabilitació energètica de l'antiga colònia tèxtil de Ca l'Escolà, s'ha avaluat el possible impacte que poden tenir les diverses instal·lacions energètiques.

### 15.1. Impacte en la generació de diòxid de carboni

Un dels principals tipus de contaminació causats per l'ésser humà és l'alliberament massiu de grans quantitats de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) a l'atmosfera. Aquest acte està causant un efecte hivernacle a tot el planeta que fa augmentar la temperatura mundial, causant la modificació de la climatologia i causant impactes a diversos ecosistemes. És per aquest motiu i per tants d'altres que hi estan directe o indirectament relacionats que s'han de prendre mesures dràstiques per tal de reduir el més aviat possible aquestes emissions contaminants.

En aquest treball, el principal objectiu ha estat reduir els consums energètics i fer que els pocs que siguin necessaris, puguin ser sustentats per energies renovables. En concret es pot fer un estudi de les emissions de CO<sub>2</sub> degut al sistema de climatització del conjunt, també es pot veure l'estalvi ocasionat per l'ús dels nous aïllaments i a quina quantitat de diòxid de carboni correspon l'energia produïda pels panells fotovoltaics.

Fent servir el document proporcionat per la pàgina web de la Cámara de Zaragoza [57], que marca que per cada kWh equival a 0,385 kg de CO<sub>2</sub>. Per trobar les quantitats de diòxid de carboni s'ha utilitzat la fórmula que es mostra a continuació.

$$\text{Massa de CO}_2 \text{ [kg]} = \text{Energia Elèctrica [kWh]} * 0,385 \frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$$

(Eq. 15.1.1)

**Taula 15.1.1.** Emissions de CO<sub>2</sub> estalviades anualment segons tipologia d'energia [57].

Impacte ambiental		
Tipologia	Energia [kWh]	Massa CO <sub>2</sub> [kg]
Energia generada	1.329.424,00	511.828,24
Energia estalviada envoltant tèrmica	308.682,32	118.842,69
Total	<b>1.638.106,32</b>	<b>630.670,93</b>

Es pot veure a la taula 15.1.1. com l'activitat total del conjunt produirà una energia total equivalent a 1.329.424,00 kWh anuals; gràcies a l'envoltant tèrmica l'estalvi anual d'energia serà equivalent a 308.682,32 kWh anuals. Amb aquest valors energètics es pot concloure que el conjunt de l'activitat ajuda a reduir en 630.670,93 kg de CO<sub>2</sub> anuals, pel fet de generar energia a través de fonts renovables i l'estalvi energètic relacionat a la major eficiència de la climatització.

## 15.2. Contaminació visual, acústica i recursos naturals

En el procés de reforma de l'antiga colònia s'ha tingut molt present la conservació primerament obligatòria de les façanes originals i dels diversos elements històrics del conjunt.

En funció de la instal·lació de les diverses energies renovables han tingut en compte els següents aspectes:

- Les plaques solars fotovoltaïques: S'ha de tenir en compte, que en voler augmentar el seu rendiment, no siguin visibles des de l'exterior, i incompleixin les normes de regulació d'elements que sobresurtin de les cobertes dels edificis, marcades segons cada municipi. De totes formes les plaques instal·lades compleixen amb la normativa pels motius que van col·locades coplanars a les cobertes i no es disposaran sobre una coberta protegida per cap normativa.
- Les plaques solars tèrmiques: Les plaques solars tèrmiques tenen la mateixa regulació que les plaques solars fotovoltaïques, i com elles compleixen amb la normativa vigent a Manlleu.
- Aerogenerador: La tecnologia de l'aerogenerador pot generar dos tipus d'impactes diferents. El primer el visual, fet que penalitza molt la seva instal·lació per la notable disminució dels espai de col·locació, i més quan aquesta tecnologia necessita estar aïllada d'elements que pugui pertorbar els fluxos d'aire, sent els punts més alts els que proporcionen més energia i a la vegada més contaminació visual. El segon tipus d'impacte que pot ocasionar aquesta tecnologia és de tipus acústic, degut a les parts mòbils dels generadors. Aquest però, al tractar-se d'un aerogenerador de petites dimensions serà gaire bé nul, en concret de 27 dB a 37 dB com a màxim.
- Turbina de generació hidroelèctrica: Aquesta tecnologia ha de tenir en compte principalment el cabal ecològic del riu en el que es troba instal·lada. Aquest aspecte ja ha estat regulat, ja que no agafa el curs total del riu i el seu flux es varia per tal de complir amb la normativa. Aquesta tecnologia també compta amb contaminació acústica i electromagnètica.

### **15.3. Gestió de residus industrials i urbans**

El conjunt compta amb la recollida de residus urbans gestionada per l'ajuntament de Manlleu. Els residus generats per les diverses activitats industrials que es troben a la colònia són gestionats per les mateixes empreses.





## Conclusions

Des de l'inici d'aquest projecte s'ha tingut molt present que la reforma de les instal·lacions s'havien de fer d'acord amb minimitzar les necessitats energètiques de l'edifici sense afectar a l'activitat que s'hi pugui dur a terme. Altrament, s'ha respectat al màxim l'ús exclusiu de les energies renovables disponibles a la localització.

Durant el procés de dimensionament dels aïllants dels diversos edificis del conjunt, s'han hagut de tenir en compte els diversos gruixos i materials que conformen les estructures dels edificis per tal de poder donar una solució comercial òptima. En tots els casos s'ha trobat una bona solució, menys en el cas de les particions horitzontals interiors entre espais amb diferent ús. En aquest cas, el fet de tenir una transmitància límit tant acusada ha implicat buscar solucions extraordinàries, que molts cops ha requerit la instal·lació de dos tipus d'aïllament tèrmic. Aquest cas excepcional s'ha donat pel fet que s'ha previst que els terres estaran dotats de terra radiant. Aquesta tecnologia implica la instal·lació d'un panell "Solano" amb irregularitats que permet la fixació dels tubs d'aigua calenta, ja que no pot anar col·locada directament sobre l'aïllament "Alphatoit".

Un aspecte que cal tenir en compte és l'elevat cost d'instal·lació de terra radiant. A la pràctica el projecte s'hauria de plantejar de fer el dimensionament del sistema de climatització exclusivament per fan-coils, ja que la climatització es satisfaria i es reduiria en gran part el preu total de la rehabilitació.

Queda demostrat que amb el nou aïllament tèrmic dels edificis ajuda a reduir considerablement el consum energètic al llarg de l'any, amb una reducció del 80%. Aquesta reducció ajuda a obtenir una amortització de la instal·lació de forma directe. De forma indirecte es pot afirmar que sense l'aïllament l'equipament del que s'hauria de dotar el conjunt per climatitzar els espais, hauria de ser unes 4,6 vegades més potent, elevant amb la mateixa magnitud el preu de la instal·lació i tots els components que la conformen. Així doncs es pot afirmar que invertir en aïllament és una aposta segura, amb la qual s'obté una reducció dels costos energètics i una reducció de la inversió inicial.

L'altra part important d'aquest treball ha estat el dimensionament de les diferents fonts renovables, la central hidro-elèctrica que actualment es troba en funcionament i les dades energètiques de la qual són reals, el camp fotovoltaic i l'aerogenerador al qual s'ha desestimat la producció per ser escassa. Es pot veure a la gràfica 13.4.1. com la producció d'energia és superior al seu consum i que per tant el conjunt serà productor d'energia elèctrica un gran part del temps, aquest aspecte afavoreix a l'afirmació que el conjunt és un exemple de NZEB.



## Pressupost

### Cost econòmic de l'enginyeria

El preus professionals d'enginyeria per la realització de projectes són molt diversos segons la tipologia de projecte i condicions laborals. El preu horari d'enginyeria energètica s'ha estimat en 40 €/hora, però degut al fet de ser un estudiant en pràctiques s'ha reduït el cost horari a la meitat fent un preu final de 20 €/hora.

Per la realització d'aquest projecte s'han dedicat unes 600 hores que multiplicant pel preu horari eleva la factura en 12.000 €.

### Resum econòmic

L'abast final del projecte s'ha centrat en l'estudi de climatització, dimensionament dels equips i aïllaments necessaris, i la instal·lació de les diverses fonts d'energia renovables.

Un cop determinats els diversos preus dels components s'ha pogut constituir la taula resum de preus amb el preu final del projecte, tenint en compte els materials de la renovació de l'envoltant tèrmica, els preus dels components que conformen el sistema de ventilació, també s'han englobat els sistemes de climatització i ACS, i s'ha fet una estimació de la mà d'obra total tal com s'explica detalladament més endavant. Finalment també s'han calculat els preus de les instal·lacions d'energia renovables que es col·locaran en el conjunt.

Cal tenir en compte que aquest preus són una estimació, deguda al fet que els espais de les instal·lacions no estan encara definits i per tant poden ser subjectes a canvis d'ús i d'infraestructures.

<b>Cost econòmic total</b>	
Climatització	
Material envoltant	321.433,70 €
Bomba de calor	90.000,00 €
Fan-coils	13.012,00 €
Terra radiant	140.518,82 €
Conductes de ventilació	18.000,00 €
Recuperadors de calor	43.252,00 €
Dipòsit d'inèrcia	5.298,00 €
ACS	
Panells solars tèrmics	4.545,33 €
Dipòsit d'ACS	3.570,00 €
Camp fotovoltaic	
Panells fotovoltaics	123.920,28 €
Onduladors	15.115,68 €
Cablejat DC	7.040,00 €
Cablejat AC	2.185,00 €
Proteccions i d'altres	922,50 €
Aerogeneració	
Aerogenerador	5.915,00 €
Proteccions i d'altres	295,75 €
Resum materials	
Preu amb IVA (21%)	795.024,06 €
Cost d'enginyeria	12.000 €
Mà d'obra	397.512,03 €
Imprevistos	79.502,40 €
Preu sense IVA	1.061.188,83
Preu total del projecte (IVA)	<b>1.284.038,49 €</b>

Tots els preus introduïts en aquest apartat tenen inclòs l'IVA, però no el de mà d'obra de la seva instal·lació. És per aquest últim motiu que al preu final del material se li sumará un 50% en concepte de mà d'obra i un 10% en imprevistos.

En el dimensionament no s'ha tingut en compte el sistema de distribució d'aigua que formarà part del sistema de climatització per falta de definició. De totes formes es pot definir que el cost de rehabilitació de l'envoltant tèrmica, el sistema de climatització bàsic, el sistema d'aigua calenta sanitària, el camp fotovoltaic i l'aerogenerador, és equivalent a 1.284.038,49 €. Cal recordar que aquest preu és estimat i queda subjecte als canvis en els usos dels diferents espais.



## Bibliografia

- [1] Dades històriques temperatura de Manlleu. Infomet: Servidor d'Informació Meteorològica. [Consulta: 23 de gener 2019]. Disponible a: <http://infomet.am.ub.es/clima/lagleva/>
- [2] Dades històriques temperatura de Vic. Meteocat: Servei Meteorològic de Catalunya. [Consulta: 23 de gener 2019]. Disponible a: <http://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/serveis-i-dades-climatiques/series-climatiques-historiques>.
- [3] Dades de radiació solar de la localització. PVGIS: Photovoltaic Geographical information system. [Consulta: 25 de gener 2019]. Disponible a : [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)
- [4] Informe valorat d'un recinte industrial, any 2015. Arquitecte tècnic: Jaume Caralt i Calm. SEBA: Associació de Serveis Energètics Bàsics Autònoms. [Consulta: 25 de gener 2019]
- [5] Col·locació per evitar ombres per plaques solars. Monsolar. [Consulta: 28 de gener 2019]. Disponible a : <https://www.monsolar.com/blog/calculer-la-separacion-entre-filas-de-placas-solares-para-evitar-sombras>
- [6] Càlcul de pèrdues per ombres. Títol: "Programa en Excel para calcular las perdidas por sombras en instalaciones fotovoltaicas termicas de acuerdo con el CTE". Data: 30-4-2008. Autor: adm. Lloc web: Aularenova. [Consulta: 31 de gener 2019]. Disponible a : <http://www.aularenova.es/spip.php?article39&lang=es>
- [7] Guia pràctica per a la rehabilitació energètica d'edificis. Títol: "Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios". Data: Abril de 2008, Madrid. Autors: Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMA) amb la col·laboració del Instuto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). [Consulta: 6 de febrer 2019]. Disponible: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10501\\_Guia\\_practica\\_rehabilitacion\\_edificios\\_aislamiento\\_5266ec2a.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10501_Guia_practica_rehabilitacion_edificios_aislamiento_5266ec2a.pdf)
- [8] Eficiència energètica en edificis. Ciencias ambientales. [Consulta: 6 de febrer 2019]. Disponible: <https://www.cienciasambientales.org.es/index.php/conoce-la-energia-de-tu-vivienda/eficiencia-energetica/aislamiento-termico-del-edificio>
- [9] Guia del terra radiant. Títol: "Guía del suelo radiante". Autors: Fabricantes de Generadores y Emisores de Calor (FEGECA) amb col·laboració de Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

[Consulta: 7 de febrer 2019] Disponible: <https://www.fegeca.com/docs/fegeca-guia-suelo-radiante.pdf>

[10] Càlcul de coeficient de calor. Títol: "Cálculo del coeficiente de transmisión de calor K de cerramientos". [Consulta: 12 de febrer 2019] Disponible: <http://www.ehu.es/mmtde/materiala/aislamtoedificios/PDF/Documentos/3CALCULO.pdf>

[11] Informació relacionada als articles del CTE per l'aïllament. [Consulta: 13 de febrer 2019] Disponible: <https://blog.synthesia.com/es/cambios-nuevo-cte-db-he-2018>

[12] Document Bàsic d'estalvi d'energia. Títol: "Documento Básico Ahorro de energía con comentarios del Ministerio de Fomento" Data: Juny 2017 amb modificacions de 29 de juny 2018. Autors: Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda. [Consulta: 13 de febrer 2019] Disponible: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE.pdf>

[13] Document informatiu aïllant de la marca Isover, model Clima 34. [Consulta: 14 febrer de 2019] Disponible: <https://www.isover.es/productos/clima-34>

[14] Document informatiu aïllant de la marca Isover, model Calibel. [Consulta: 14 de febrer 2019] Disponible: <https://www.isover.es/productos/calibel>

[15] Document informatiu aïllant de la marca Isover, model Ecovent 035. [Consulta: 14 de febrer 2019] Disponible: <https://www.isover.es/productos/ecovent-035>

[16] Document informatiu aïllant de la marca Isover, model Panel solado. [Consulta: 15 de febrer 2019] Disponible: <https://www.isover.es/productos/panel-solado>

[17] Document informatiu del parquet de la marca Quik-Step. [Consulta: 15 de febrer 2019] Disponible: [https://www.quick-step.com.es/es-es/parquet/palazzo/pal1472s\\_roble-miel-aceitado](https://www.quick-step.com.es/es-es/parquet/palazzo/pal1472s_roble-miel-aceitado)

[18] Document informatiu de l'aïllant de la marca Isover, model IBR. [Consulta: 18 de febrer 2019] Disponible: <https://www.isover.es/productos/ibr>

[19] Document informatiu de l'aïllant de la marca Isover Ecovent VN 035. [Consulta: 18 de febrer 2019] Disponible: <https://www.isover.es/productos/ecovent-vn-035>

[20] Document del pla especial. Títol: "Pla especial per a la regulació dels usos i patrimoni de la colònia de ca l'Escolà de Manlleu". Pormotor: Cal Escolà S.A.. Autors: Carme Carmona Millan i Mònica Molas Casacuberta. Data: Setembre 2017. Lloc: Manlleu.



[21] Especificacions d'aïllaments, proporcionats per Marina Diaz Balbis, Arquitecta Especialista en Aïllament. Responsable de l'asesorament tècnic de l'àrea mediterrània de l'empresa Saint-Gobain Isover Ibérica.

[22] Document informació conductància tèrmica polietilè. Pàgina web: Goodfellow. [Consulta: 5 de març 2019] Disponible: <http://www.goodfellow.com/S/Polietileno-UHMW.html>

[23] Document informatiu de l'aïllant de la marca Isover Alphatoit. [Consulta: 5 de març 2019] Disponible: <https://www.isover.es/productos/alphatoit>

[24] Document: Tema 6 Aïllaments CTE DB-HE. Autor: Joan Grau Barceló, professor de la UPC.

[25] Document: Cálculo de la transmitancia del hueco para sustitución de ventanas. De la pàgina web: Castellalamancha. [Consulta: 7 de març 2019] Disponible: <https://ovcis.castillalamancha.es/OVCISEficienciaEnergetica/manuales/ventanas/CalculoTransmitancia.pdf>

[26] Document de coeficients d'ús i d'intermitència. Documentació cedida per Joan Grau Barceló, professor de la UPC.

[27] Document: Els Graus-dia de calefacció i refrigeració de Catalunya; Resultats a nivell municipal." De la pàgina web: Castellalamancha. [Consulta: 7 de març 2019] Disponible:

[28] Document: Documento Básico H Salubridad. De la pàgina web del codigotecnico.org. Disponible: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DccHS.pdf>

[29] Dades de graus-dia de l'estació localitzada a Gurb. Extreus de la pàgina web del Servei Meteorològic de Catalunya. Disponible: <http://meteo.cat/wpweb/climatologia/serveis-i-dades-climatiques/graus-dia-de-calefaccio-i-de-refrigeracio/>

[30] Document: INTERPRETACIÓN DE LA NORMATIVA: Caudales de aire de ventilación de locales. Extret de la pàgina web del Colegio Oficial de Arquitectos de Asturias (COAA). [Consulta: 18 de març 2019] Disponible: <http://www.coaa.es/key/instalaciones/caudales-de-aire-de-ventilacion-de-locales-segun-el-rite-565-195-605-0-1-in.html>

[31] Document: Criteris de disseny per a espais d'oficines. [Consulta: 22 de març 2019] Disponible: [https://www.uoc.edu/portal/\\_resources/CA/documents/persones/criteris-disseny-espais-oficines\\_ca.pdf](https://www.uoc.edu/portal/_resources/CA/documents/persones/criteris-disseny-espais-oficines_ca.pdf)

[32] Característiques de densitat i capacitat calorífics de l'aire. Proporcionades per: Joan Grau Barceló, professor de la UPC.



- [33] Taula de propietats de l'aigua. [Consulta: 28 de març 2019] Disponible: <https://personales.unican.es/rene/doc/Trasp@rencias%20WEB/Trasp%20Termo%20y%20MF/00%20GRADOS/Tablas%20Termo.pdf>
- [34] Llibre: Manual de Aire acondicionado, (Handbook of air conditioning system design); per Carrier Air Conditioning Co.; Publicada per McGraw-Hill, Nova York.
- [35] Taula amb els valors de temperatura al llarg de l'any a diverses ciutats espanyoles. [Consulta: 9 d'abril 2019] Disponible: <https://suelosolar.com/guiasolares/acs/temph2oes.asp>
- [36] Catàleg de fan coils de la marca Daikin, "Unidades de fan coil, Catálogo". [Consulta: 20 d'abril 2019] Disponible: [http://dkclima.com/descargas\\_docs/CATALOGOFANCOILS.pdf](http://dkclima.com/descargas_docs/CATALOGOFANCOILS.pdf)
- [37] Catàlegs del diversos recuperadors de calor dels models que van dels 500 als 6000 m<sup>3</sup>/h de la marca Toshiba. [Consulta: 23 d'abril 2019] Disponible: [https://www.toshiba-aire.es/recuperador-de-calor-vertical#/47-ventilacion-60/51-control-avanzado\\_consultar\\_precio](https://www.toshiba-aire.es/recuperador-de-calor-vertical#/47-ventilacion-60/51-control-avanzado_consultar_precio)
- [38] Pàgina web generadora de pressupostos, Generador de precios España. [Consulta: 24 d'abril 2019] Disponible: [http://www.generadordeprecios.info/obra\\_nueva/calculaprecio.asp?Valor=5|0\\_0\\_0\\_0\\_0|7|LVC010|lvc\\_presentacion:0\\_0\\_1c6\\_0\\_1c6\\_0](http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=5|0_0_0_0_0|7|LVC010|lvc_presentacion:0_0_1c6_0_1c6_0)
- [39] Pàgina web descripció dels sistema de fan-coils. Pàgina web d'AirZone [Consulta: 25 d'abril 2019] Disponible: <http://www.airzone.es/blog/climatizacion/que-es-un-fan-coil-y-como-funciona/>
- [40] Dades de distribució de consums d'ACS. De la pàgina web calor y frío. [Consulta: 26 d'abril 2019]. Disponible: <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/agua-caliente/calculo-agua-caliente-sanitaria.html>
- [41] Manual dels panells solars tèrmics ECOExtens 10. De l'empresa Ferroli [Consulta: 26 d'abril 2019]. Disponible: <https://www.ferroli.com/media/1507215681.pdf>
- [42] Manual de la caldera Oliva Industrial de 100 kW de l'empresa Hergom Alternative. [Consulta: 26 d'abril 2019]. Disponible: <http://www.hergomalternative.com/productos/8-serie-oliva-industrial>
- [43] Document amb els preus de l'energia de la pàgina web de Tarifas de gas y luz. [Consulta: 26 d'abril 2019]. Disponible: <https://tarifasgasluz.com/faq/precio-kwh>
- [44] Dades salt tèrmic en l'entrada i sortida dels fancoils, proporcionada per Soloingeniería [Consulta: 26 d'abril 2019]. Disponible: <https://soloingenieria.net/foros/viewtopic.php?f=10&t=11000>

- [45] Dades tècniques de diversos models de bombes de calor de la marca Tecna del document “Apartado 3: Climatización eficiente, Tecna Soluciones de eficiencia energética” [Consulta: 29 d’abril 2019]. Disponible: <http://www.tecna.es/images/EficienciaEnergetica/Apartadoefic%203.pdf>
- [46] Catàleg de dipòsits d’inèrcia de gran capacitat subministrat per l’empresa Salvador Escoda. [Consulta: 29 d’abril 2019]. Disponible: [https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Agua\\_Caliente\\_Sanitaria\\_Tarifa\\_PVP\\_SalvadorEscoda.pdf](https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Agua_Caliente_Sanitaria_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf)
- [47] Manual dels inversors dels camps solars de la marca Ingeteam, en concret de la secció Ingecon Sun model 3Play Serie 100TL PRO. [Consulta: 8 de maig 2019]. Disponible: [https://www.ingeteam.com/es-es/sectores/energia-fotovoltaica/p15\\_24\\_450/ingecon-sun-3play-100-kw.aspx](https://www.ingeteam.com/es-es/sectores/energia-fotovoltaica/p15_24_450/ingecon-sun-3play-100-kw.aspx)
- [48] Manual panell solar de la marca JinkoSolar model 33 JKM330P-72 330 Watt Poly Crystalline module. [Consulta: 8 de maig 2019]. Disponible: [https://www.jinkosolar.com/ftp/EN-MKT-330P-72\(4BB\).pdf](https://www.jinkosolar.com/ftp/EN-MKT-330P-72(4BB).pdf)
- [49] Preu onduldors marca Ingecon Sun model 3Play Serie 100TL PRO [Consulta: 8 de maig 2019]. Disponible: <https://autosolar.es/inversores-de-red-trifasicos/inversor-red-100000w-trifasico-ingecon-sun-3play-100tl>
- [50] Fórmula per extreure la secció del cablejat de continu. Títol: “Proyecto técnico de la instalación de energía solar fotovoltaica generadora de energía eléctrica conectada a la red eléctrica interior en régimen de autoconsumo según RD 900/2015”. Promotor: Cruz Roja Española. Autor: Benjamín Vera Viñals, Enginyer Tècnic Industrial; nº col·legiat: 19.453.
- [51] Resistivitat del coure segons la pàgina web d’infootec. [Consulta: 15 de maig 2019]. Disponible: <https://www.infootec.net/calculo-la-seccion-cable/>
- [52] Document per la determinació de les seccions de cablejat elèctric. Agafat de la pàgina web f2i2. [Consulta: 17 de maig 2019]. Disponible: [http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC\\_BT\\_07.pdf](http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/ITC_BT_07.pdf)
- [53] Aerogenerador UGE-300 de 400 W, característiques tècniques i preu de venda al públic. Disponible a la pàgina web de todoensolar. [Consulta: 17 de maig 2019]. Disponible: <https://www.todoensolar.com/Aerogenerador-de-eje-vertical>
- [54] Factura de producció elèctrica de la turbina hidroelèctrica, facilitada per l’empresa Respira energia S. A., c/ Doctor Trueta 183, 7è 5a, 08005, Barcelona. Data del document: maig 2016.

[55] Fan-coli de la marca Daikin, model FWB10BTV. Full de característiques tècniques i preu. [Consulta: 21 de maig 2019]. Disponible: <https://www.gasfriocalor.com/fan-coil-daikin-unidad-interior-techo-fwb10btv>

[56] Preu venda electricitat segons OMIE (Operador Mercado Ibérico de la Electricidad). [Consulta: 24 de maig 2019]. Disponible: <http://www.omie.es/reports/>

[57] Equivalència entre kWh elèctrics i Kg de CO<sub>2</sub>, subministrat per la pàgina web de la Cámara de Zaragoza [Consulta: 21 de maig 2019]. Disponible: [Calculador de emisioneshttps://www.camarazaragoza.com/wp.../calculoemisiones.xls](https://www.camarazaragoza.com/wp.../calculoemisiones.xls)

[58] Definició de caiguda de tensió en instal·lacions elèctriques segons el document, “Guía técnica de aplicación - Anexos, Cálculo de caídas de tensión”, escrit pel “Ministerio de Ciencia y Tecnología”, Edició: Setembre 2003, primera revisió. Tret de la pàgina web f2i2. [Consulta: 24 de maig 2019]. Disponible: [http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia\\_bt\\_anexo\\_2\\_sep03R1.pdf](http://www.f2i2.net/documentos/lsi/rbt/guias/guia_bt_anexo_2_sep03R1.pdf)

[59] Pàgina web distribuïdora de cablejat elèctric d'on s'han extret els preus dels cablejats, Pàgina web d'Ilumitec. [Consulta: 24 de maig 2019]. Disponible: <https://www.ilumitec.es/cable-unipolar-libre-halogenos-50-mm2-rz1k>

[60] Figura representativa d'un panell solar tèrmic per tub de buit. Disponible a: [fototubosdevacio.jpg](http://fototubosdevacio.jpg)

[61] Figura representativa d'un panell solar tèrmic. Disponible a: <https://ecofener.com/blog/funcionan-los-captadores-solares-termicos-calentar-agua-piscinas/>

[62] Figura representativa d'un panell fotovoltaic policristal·lí. Disponible a: <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>

[63] Catàleg del captador fotovoltaic JKM330P de la marca Jinko Solar. Disponible a: [https://www.jinkosolar.com/ftp/EN-MKT-330P-72\(4BB\).pdf](https://www.jinkosolar.com/ftp/EN-MKT-330P-72(4BB).pdf)

[64] Mapa de la localització de la colònia. tret de la pàgina web Instamaps. Disponible a: <https://www.instamaps.cat/visor.html?businessid=a8d6ca2d15b846c853fc98cd474459f3&3D=false>

[65] Descripció general dels aerogeneradors, trobats al blog d'estructurali. [Consulta: 29 de maig de 2019]. Disponible a: <https://blog.estructuralia.com/aerogeneradores-de-eje-vertical-y-horizontal-tipos-ventajas-e-inconvenientes>

[66] Figura d'un aerogenerador d'eix horitzontal. De la pàgina web contextosfueguinos[Consulta: 29 de maig de 2019]. Disponible a: <http://www.contextosfueguinos.com/noticias/leer/11345-gobierno-y-la-universidad-a-nan-acciones-para-producir-energ-a-e-lica-en-tierra-del-fuego.html>

[67] Figura d'un aerogenerador d'eix vertical. De la pàgina web enatica. [Consulta: 29 de maig de 2019]. Disponible a: <http://www.enatica.es/eolica/tipos-de-aerogeneradores>

[68] Figura d'una fan-coil. De la pàgina web Nergiza. [Consulta: 29 de maig de 2019] Disponible a: <https://nergiza.com/que-es-un-fan-coil-y-cual-es-el-error-mas-comun-a-la-hora-de-seleccionarlos/>

[69] Figura riu de la pàgina web de Chile travel. [Consulta: 29 de maig de 2019] Disponible a: <https://chile.travel/donde-ir/patagonia-y-antartica/lago-general-carrera/rio-baker>

[70] Cost econòmic del terra radiant de la pàgina web de Hogarsense. [Consulta: 30 de maig de 2019] Disponible a : <https://www.hogarsense.es/calefaccion/suelo-radiante-precio>

